

Aus dem Med. Zentrum für

Orthopädie und Unfallchirurgie

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Korrelation zwischen Veränderungen der Anatomie  
des proximalen Femurs und funktionellen Ergebnissen  
nach medialer Schenkelhalsfraktur  
und Versorgung mittels Duokopfprothese-  
eine prospektive Beobachtungsstudie**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der gesamten Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Verena Anna Bergmeister aus Nördlingen

Marburg, 2016

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:  
15.11.2016

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Herr Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: Herr Prof. Dr. S. Ruchholtz

1. Korreferent: Herr Prof. Dr. M. Rickert

<b>1. Inhaltsverzeichnis</b>	
<b>2. Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Einleitung .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. Anatomie .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Einteilung .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2.1. Schenkelhalsfrakturen .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2.2. Trochantäre Femurfrakturen .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3. Ätiologie .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4. Symptomatik .....</b>	<b>19</b>
<b>4.5. Diagnostik und Differenzialdiagnosen .....</b>	<b>20</b>
<b>4.6. Therapie .....</b>	<b>21</b>
<b>4.6.1. Konservative Therapie .....</b>	<b>21</b>
<b>4.6.2. Operative Therapie .....</b>	<b>22</b>
<b>4.7. Prognose .....</b>	<b>28</b>
<b>4.8. Fragestellung .....</b>	<b>31</b>
<b>5. Material und Methoden .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1. Patientenkollektiv .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2. Operationstechnik .....</b>	<b>34</b>
<b>5.3. Radiologische Parameter .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3.1. Durchmesser der Duokopfprothese und des Schenkelhalses .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3.2. CCD-Winkel .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.3. Prothesenoffset .....</b>	<b>37</b>
<b>5.3.4. Halslänge der Prothese .....</b>	<b>38</b>
<b>5.3.5. Femorales Offset .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.6. Globales Offset .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3.7. Höhe des Hüftzentrums .....</b>	<b>43</b>
<b>5.3.8. Hebelarm der Abduktoren .....</b>	<b>44</b>
<b>5.4. Rotationskorrektur .....</b>	<b>45</b>

5.5. Funktionstests.....	48
5.5.1. Harris Hip Score .....	49
5.5.2. Timed Up and Go Test.....	50
5.5.3. Instrumental Activities of Daily Living .....	52
5.5.4. Barthel-Index.....	52
5.5.5. ASA-Klassifikation.....	54
5.6. Statistik .....	56
6. Ergebnisse .....	59
6.1. Ergebnisse bezüglich der Studienpopulation.....	59
6.2. Ergebnisse der radiologischen Messungen .....	61
7. Diskussion .....	66
8.1. Zusammenfassung.....	75
8.2. Abstract.....	77
9. Anhang .....	79
9.1. Harris Hip Score .....	79
9.2. IADL.....	81
9.3. Barthel-Index.....	83
9.4. MMST .....	84
9.5. ASA-Klassifikation.....	85
9.6. Patientenkollektiv.....	86
9.7. Ergebnisse bezüglich der Studienpopulation- Reoperationen .....	87
9.8. Ergebnisse der radiologischen Messungen .....	87
9.9. Patienteneinschluss und Nachuntersuchungen .....	91
10. Literatur.....	92
11. Verzeichnis der akademischen Lehrer.....	110
11.1. Meine akademischen Lehrer waren in Bangkok die Damen/Herren:.....	110
11.2. in Bruderholz: .....	110
11.3. in Castlebar: .....	111
11.4. in Emden:.....	111
11.5. in Eutin: .....	111

<b>11.6. in Fulda:</b> .....	<b>111</b>
<b>11.7. in Marburg:</b> .....	<b>112</b>
<b>11.8. in St. Gallen:</b> .....	<b>116</b>
<b>12. Danksagung</b> .....	<b>118</b>

## 2. Abkürzungsverzeichnis

A/Aa.:	Arteria/Arteriae
Abb.:	Abbildung
ADL:	<i>Activities of Daily Living</i> (Aktivitäten des täglichen Lebens)
ALA:	<i>Abductor Lever Arm</i> (Hebelarm der Abduktoren)
ALAp:	Gemessener <i>Abductor Lever Arm</i>
ALAK:	Kalibrierter <i>Abductor Lever Arm</i>
AO:	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ARD:	<i>Acute Renal Disease</i> (akutes Nierenversagen)
ASA:	<i>American Society of Anesthesiologists</i> (amerikanische Gesellschaft der Anästhesisten)
BI:	Barthel-Index
BMI:	<i>Body Mass Index</i> (Körpermasse-Index)
CAD:	<i>Cardiac Assist Device</i> (kardiales Unterstützungssystem)
CCD-Winkel:	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
COPD:	<i>Chronic Obstructive Pulmonary Disease</i> (chronische obstruktive Lungenerkrankung)
CT:	Computertomographie
CVA:	<i>Cardiovascular/Cerebrovascular Accident</i> (kardiovaskulärer/cerebrovaskulärer Schlag)
DHS:	Dynamische Hüftschraube
DIC:	<i>Disseminated Intravascular Coagulation</i> (disseminierte intravasale Gerinnung)
DM:	Diabetes Mellitus
ESRD:	<i>End Stage Renal Disease</i> (Nierenerkrankung im Endstadium)
FNA:	<i>Femoral Neck Anteversion</i> (Anteversion des Schenkelhalses)
FO:	Femorales Offset
FO <sub>K</sub> :	Kalibriertes femorales Offset
FO <sub>p</sub> :	Gemessenes femorales Offset
FO <sub>RC</sub> :	Rotationskorrigiertes femorales Offset
FO <sub>RL</sub> :	Relatives femorales Offset
FU:	<i>Follow-Up</i> (Nachkontrolle)
GO:	Globales Offset
GO <sub>p</sub> :	Gemessenes globales Offset
GO <sub>K</sub> :	Kalibriertes globales Offset
GO1 <sub>p</sub> :	Gemessenes globales Offset 1

GO1 <sub>K</sub> :	Kalibriertes globales Offset 1
GO1 <sub>RC</sub> :	Rotationskorrigiertes globales Offset 1
GO2 <sub>P</sub> :	Gemessenes globales Offset 2
GO2 <sub>K</sub> :	Kalibriertes globales Offset 2
HEP:	Hemiendoprothese
HH:	Höhe des Hüftzentrums ( <i>height of hip center</i> )
HH <sub>P</sub> :	Gemessene Höhe des Hüftzentrums
HH <sub>K</sub> :	Kalibrierte Höhe des Hüftzentrums
HHS:	<i>Harris Hip Score</i>
HR-QOL:	<i>Health-Related Quality Of Life</i> (gesundheitsbezogene Lebensqualität)
HTN:	Hypertension
IADL:	<i>Instrumental Activities of Daily Living</i> (instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens)
KI:	Konfidenzintervall
M/Mm.:	Musculus/ Musculi
MI:	Myokardinfarkt
min:	Minuten
mm:	Millimeter
MMSE/MMST:	Mini-Mental State Examination/ Mini-Mental State Test
MRT:	Magnetresonanztomographie
PCA:	<i>Post-Conceptual Age</i> (postkonzeptionelles Alter)
pD Hals <sub>P</sub> :	Gemessener Durchmesser des Schenkelhalses
pD Hals <sub>K</sub> :	Kalibrierter Durchmesser des Schenkelhalses
PFN:	Proximaler Femurnagel
PO:	Prothesenoffset
PO <sub>P</sub> :	Gemessenes Prothesenoffset
PO <sub>K</sub> :	Kalibriertes Prothesenoffset
PS:	<i>Physical Status</i> (physischer Status)
QoL:	<i>Quality of Life/ Quality of Life measures</i> (Lebensqualität)
ρ:	Spearman Korrelationskoeffizient (Rho)
SD:	Standardabweichung
TEP:	Totalendoprothese
TIA:	Transitorische ischämische Attacke
VAS:	Visuelle Analogskala
WOMAC:	<i>Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index</i>

### 3. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

#### Abbildung 1: Anteversion

Cibulka, Michael T (2004) Determination and Significance of Femoral Neck Anteversion. Journal of the American Physical Therapy Association. Fig. 1: <http://ptjournal.apta.org/content/ptjournal/84/6/550/F1.large.jpg> [27.06.2016]

#### Abbildung 2: CCD-Winkel

Niethard, Fritz U.; Pfeil, Joachim. Duale Reihe Orthopädie; Georg Thieme Verlag. 2005. S. 469, Abbildung C-8.11a.

#### Abbildung 3: Druck- und Zugtrabekel

Schünke, M. Topographie und Funktion des Bewegungssystems: Funktionelle Anatomie; Georg Thieme Verlag. 2014. S. 81, Abbildung 6.2 a-c

#### Abbildung 4: Calcar femorale

[http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/policlin/classes\\_stud/en/med/lik/ptn/traumatology%20in%20family%20medicine/6/02.%20Fractures%20of%20the%20lower%20extremity%20in%20the%20practice.files/image006.jpg](http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/policlin/classes_stud/en/med/lik/ptn/traumatology%20in%20family%20medicine/6/02.%20Fractures%20of%20the%20lower%20extremity%20in%20the%20practice.files/image006.jpg)  
[09.06.2016]

#### Abbildung 5: Pauwels Klassifikation

Liporace F, Gaines R, Collinge C, Haidukewych GJ (2008) Results of internal fixation of Pauwels type-3 vertical femoral neck fractures. J Bone Joint SurgAm 90(8):1654-1659. doi:10.2106/JBJS.G.01353, S. 1655 Fig. 1

#### Abbildung 6: Garden Klassifikation

[http://ecases.imaaios.com/thumb\\_imgcases/04d2240db7285bb851cb63a13fd97844/Garden-Classification-Femoral-neck-fractures\\_400.jpg](http://ecases.imaaios.com/thumb_imgcases/04d2240db7285bb851cb63a13fd97844/Garden-Classification-Femoral-neck-fractures_400.jpg) [11.07.2016]

#### Abbildung 7: AO-Klassifikation: Schenkelhalsfrakturen

<https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=diagnosis&bone=Femur&segment=Proximal> [22.06.2016]

#### Abbildung 8: AO-Klassifikation: Pertrochantäre Frakturen

<https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=diagnosis&bone=Femur&segment=Proximal> [22.06.2016]

#### Abbildung 9: Therapie einer medialen Schenkelhalsfraktur mit 3 Zugschrauben

Ewerbeck, V.; Wentzensen, A.; Grützner, PA; Holz, F.; Krämer, KL.; Pfeil, J.; Sabo, D. Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag. 06.08.2014. S. 407, Abbildung 7.2b.

#### Abbildung 10: dynamische Hüftschraube (DHS)

[http://www.springermedizin.at/img/db/thumbs/26370\\_190x0-width\\_img.jpg](http://www.springermedizin.at/img/db/thumbs/26370_190x0-width_img.jpg)  
[11.07.2016]



Abbildung 11: Schema einer Totalendoprothese

<http://www.merete-medical.com/de/patienteninfo/patienteninfo-huefte/264-das-kuenstliche-hueftgelenk.html> [11.07.2016]

Abbildung 12: Schematische Darstellung einer Duokopfprothese

Zimmer. Original M.E. Müller<sup>TM</sup> Geradschaft, S. 8:

[http://www.zimmersuisse.ch/content/pdf/de-AT/original\\_me\\_muller\\_straight\\_shaft\\_surgical\\_technique\\_de.pdf](http://www.zimmersuisse.ch/content/pdf/de-AT/original_me_muller_straight_shaft_surgical_technique_de.pdf) [11.07.2016]

Abbildung 13: Patientenkollektiv der Studie

Eigenes Diagramm aus der Studie

Abbildung 14: Müller Geradschaft

Adaptiert nach: Zimmer. Original M.E. Müller<sup>TM</sup> Geradschaft, S. 4:

[http://www.zimmer.es/content/pdf/de-CH/original\\_me\\_muller\\_straight\\_stem\\_brochure\\_de.pdf](http://www.zimmer.es/content/pdf/de-CH/original_me_muller_straight_stem_brochure_de.pdf) [11.07.2016]

Abbildung 15: Durchmesser der Duokopfprothese (pD Kopf) und des Schenkelhalses (pD Hals)

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 16: CCD-Winkel

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 17: Prothesenoffset (PO)

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 18: Halslänge der Prothese

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 19: Femorales Offset (FO)

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 20: Globales Offset (aus Terrier et al.): Summe aus acetabulärem Offset (AO) und femoralem Offset (FO)

Terrier, A.; Florencio, F.; Rüdiger, H., Benefit of Cup Medialization in Total Hip Arthroplasty is Associated With Femoral Anatomy. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2014. S. 3160, Abbildung 1

Abbildung 21: Globales Offset (Mahmood et al.): Summe aus A1+ B1

Mahmood, S.; Mukka, S.; Crnalic, S.; Wretenberg, P.; Sayed-Noor, A., Association between changes in global femoral offset after total hip arthroplasty and function, quality of life, and abductor muscle strength. 2015, Abbildung 1

Abbildung 22: Globales Offset (GO)

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 23: height of hip center (Y)

[http://www.healio.com/~media/Journals/ORTHO/2012/1\\_January/10\\_3928\\_01477447\\_20120222\\_28/fig4.ashx](http://www.healio.com/~media/Journals/ORTHO/2012/1_January/10_3928_01477447_20120222_28/fig4.ashx) [13.08.2016]

Abbildung 24: Höhe des Hüftzentrums (HH)

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 25: Hebelarm der Abduktoren (ALA)

Eigene Abbildung aus dem Patientenkollektiv

Abbildung 26: Abhängigkeit des femoralen Offsets (FO) von der Hüftrotation (HR) (CN = Center of femoral nail)

Lechler P, Frink M, Gulati A, Murray D, Renkawitz T, Buecking B, Ruchholtz S, Boese CK (2014) The influence of hip rotation on femoral offset in plain radiographs. Acta Orthop 85(4):389-395. doi:10.3109/17453674.2014.931196, S.391, Figure 3A

Abbildung 27: Graphische Darstellung der Gleichung  $FO = FO_p / \cos(HR)$

Eigene Abbildung

Abbildung 28: Graphische Darstellung der Abhängigkeit des CCD-Winkels von der Hüftrotation

Lechler P, Frink M, Gulati A, Murray D, Renkawitz T, Buecking B, Ruchholtz S, Boese CK (2014) The influence of hip rotation on femoral offset in plain radiographs. Acta Orthop 85(4):389-395. doi:10.3109/17453674.2014.931196, S.391 Figure 3B

Abbildung 29: ASA-Score der Patienten

Eigene Abbildung

Abbildung 30: Komplikationen

Eigene Abbildung

Abbildung 31: MMSE

Eigene Abbildung

Tabelle 1: Ergebnisse der radiologischen Messungen

Tabelle 2: Ergebnisse der klinischen Tests

Tabelle 3: Korrelation zwischen dem rotationskorrigierten FO und dem klinischen Outcome 12 Monate postoperativ

Tabelle 4: Korrelation zwischen dem rotationskorrigierten FO und dem klinischen Outcome 12 Monate postoperativ mit Berücksichtigung der *Confounder*

Tabelle 5: Korrelation zwischen dem relativen FO und dem klinischen Outcome 12 Monate postoperativ

Tabelle 6: Korrelation zwischen dem relativen FO und dem klinischen Outcome 12 Monate postoperativ mit Berücksichtigung der *Confounder*

#### 4. Einleitung

Hüftgelenksnahe Frakturen gehören zu den häufigsten Verletzungen des alten Menschen weltweit [17, 166]. Im Jahr 2005 wurden in Deutschland 100.000 Schenkelhalsfrakturen therapiert [166], 2007 bzw. 2008 waren es 97.000 bzw. 99.000 hüftgelenksnahe Frakturen [17]. Im Jahr 2008 war die Mehrzahl der Patienten zwischen 80 und -89 Jahren alt und weiblich (ca. 73%). Des Weiteren wurden die meisten Patienten in die ASA-Klassifikation der Stufe 3 eingeordnet, hinweisend auf das Vorliegen von relevanten Allgemeinerkrankungen und einer erheblichen prätraumatischen Leistungseinschränkung [17].

In den letzten Jahren ist eine Fallzunahme zu verzeichnen [144, 163, 166]. Es wird geschätzt, dass die Zahl der Hüftfrakturen weltweit von 1,66 Millionen im Jahr 1990 auf 6,26 Millionen im Jahr 2050 ansteigen wird. Davon entfallen momentan etwa die Hälfte aller Frakturen auf Europa und Nordamerika. Dieser Anteil wird bis zum Jahr 2050 auf ein Viertel sinken und dafür die Zahl an Hüftfrakturen in Asien und Lateinamerika stark ansteigen. Die Osteoporose entwickelt sich zu einem globalen Problem und präventive Maßnahmen sollten auch in Teilen der Welt durchgeführt werden, in denen sie zurzeit nicht als nötig erachtet werden [30].

Im Jahr 2005 beliefen sich die Behandlungskosten der Schenkelhalsfrakturen in Deutschland auf ca. 2,5 Milliarden Euro pro Jahr, was ein zunehmendes sozioökonomisches Problem bei der gegenwärtigen demographischen Entwicklung darstellt [166].

Das optimale operative Verfahren wird kontrovers diskutiert, wobei sich v.a. bei älteren leistungseingeschränkten Patienten mit Schenkelhalsfrakturen ein Trend zur Implantation von Duokopfprothesen herauskristallisiert [163]. Die Gründe dafür werden im Abschnitt operative Therapie näher erläutert.

Eine hüftgelenksnahe Fraktur stellt für die Patienten ein einschneidendes Lebensereignis dar, da sie nach dem Krankenhausaufenthalt teilweise lebenslang auf Hilfe angewiesen sind. Das bestmögliche postoperative Ergebnis für die Patienten, d.h. optimalerweise die Wiederherstellung des Gesundheitszustands vor der Fraktur, werden angestrebt.

Daher ist es bedeutsam, die Biomechanik des Hüftgelenks bei der Versorgung der hüftgelenksnahen Frakturen zu beachten, wobei v.a. das femorale Offset (FO) in die Operationsplanung mit eingehen muss. Das FO beeinflusst das postoperative Ergebnis nach Implantation einer Totalendoprothese bei Coxarthrose und in vielen Studien wurde dieser Einfluss herausgestellt [1, 26, 110]. Noch wenige Erkenntnisse bestehen jedoch bezüglich der Veränderung des FO nach Implantation einer Duokopfprothese bei Zustand nach Schenkelhalsfraktur. Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss des FO auf die

funktionellen Ergebnisse nach einer medialen Schenkelhalsfraktur und Versorgung mit einer Duokopfprothese.

#### 4.1. Anatomie

Das Hüftgelenk wird aus dem Femurkopf und der Hüftpfanne, dem sogenannten Acetabulum, gebildet. Das Acetabulum setzt sich aus den Anteilen der Knochen des Os ilium, Os ischii und Os pubis zusammen [153]. In der Frontalebene ist das Acetabulum um  $45^\circ$  zur Seite geneigt (Inklination) und in der Sagittalebene um ca.  $20^\circ$  nach vorne (Anteversion) [101]. Die Antetorsion des Schenkelhalses beträgt bei der Geburt etwa  $40^\circ$ , da der Schenkelhals zur frontalen Femurkondylenachse nach vorne gedreht ist, und korrigiert sich bis zum Alter von 8 bis -10 Jahren auf  $15$  bis  $-20^\circ$ . Bleibt die Spontankorrektur der Antetorsion aus oder liegt eine vermehrte Anteversion des Acetabulums vor, persistiert bei den Kindern ein Innengangbild [22]. Die Begriffe Anteversion und Antetorsion werden häufig nicht strikt getrennt. In der englischsprachigen Literatur wird meist von Anteversion gesprochen, wie in Abb. 1, obwohl streng genommen die Antetorsion gemeint ist.

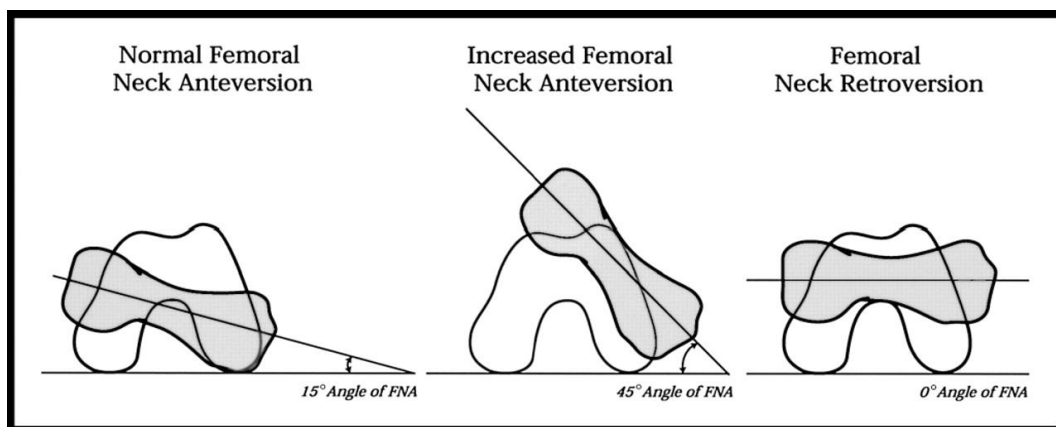
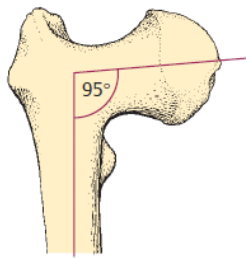


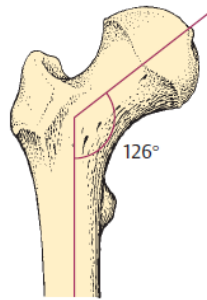
Abbildung 1: Anteversion

Die Femurschaftachse bildet mit der Längsachse des Schenkelhalses den sogenannten Schenkelhalswinkel oder Centrum-Collum-Diaphysenwinkel (CCD-Winkel) (Abb. 2). Dieser beträgt beim Neugeborenen etwa  $150^\circ$  und ändert sich mit zunehmendem Alter aufgrund des kontinuierlichen Knochenumbaus durch veränderte Beanspruchungen während des Wachstums. Daher beträgt er beim Erwachsenen normalerweise  $126^\circ$ , sodass man von einer Coxa norma spricht. Ist der CCD-Winkel verkleinert, d.h. beträgt er unter  $120^\circ$ , spricht man von einer Coxa vara, und bei einer Vergrößerung des Winkels über  $140^\circ$  von einer Coxa valga [43, 153].

Coxa vara: CCD-Winkel  $< 120^\circ$



Norm: CCD-Winkel  $120 - 140^\circ$



Coxa valga: CCD-Winkel  $> 140^\circ$

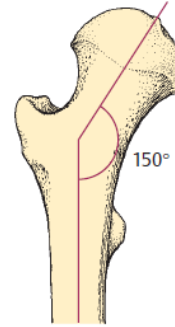


Abbildung 2: CCD-Winkel

Auf dem Hüftgelenk lastet das Körpergewicht, das in Form von Biegebeanspruchungen auf den Schenkelhals einwirkt. Von dort wird die Kraft auf den Femurschaft übertragen, was sich an der Ausrichtung der Spongiosabälkchen, die als Zug- und Drucktrabekel angeordnet sind, zeigt (Abb. 3). Bei der Coxa valga herrschen aufgrund des steil gestellten Femurhalses Drucktrabekel vor, während bei der Coxa vara Zugtrabekel vermehrt vorkommen. Dies führt bei der Coxa vara zu größeren Scherkräften im Schenkelhals und damit zu einem erhöhten Frakturrisiko [4].

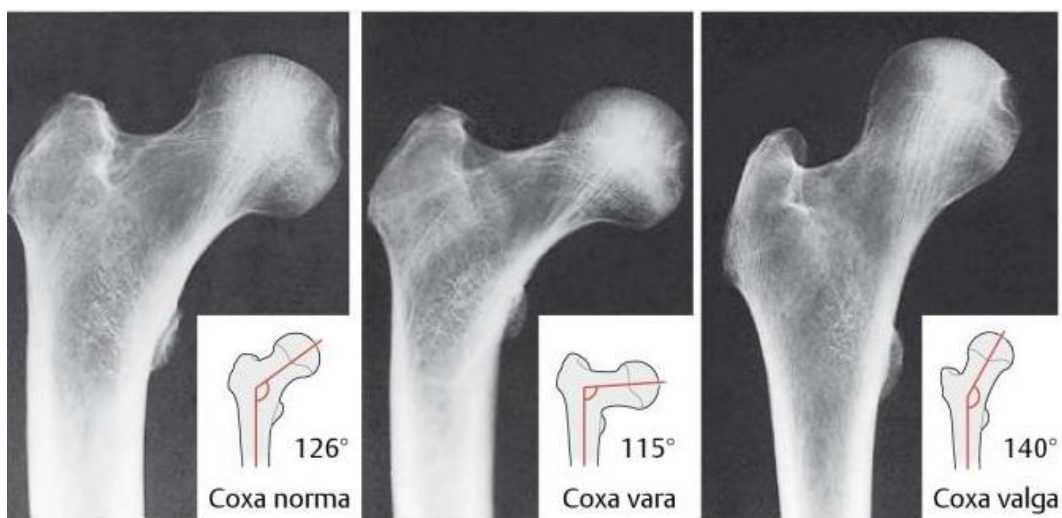


Abbildung 3: Druck- und Zugtrabekel

In diesem Zusammenhang ist der Calcar femorale relevant, der einen verdickten Knochenvorsprung im Bereich des Trochanter minor darstellt (Abb. 4). Die größte Dichte weist der Calcar im medialen Teil auf, wo er entlang des Kompressionsstützpfeilers des Schenkelhalses läuft [68]. Dabei verteilt er die einwirkenden Kräfte auf den proximalen Femur von posteromedial nach anterolateral [198].

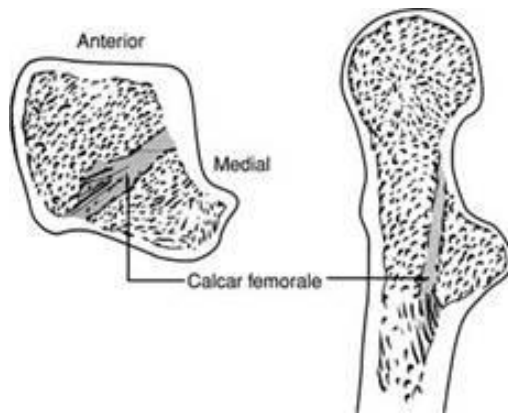


Abbildung 4: Calcar femorale

Aufgrund der Gestalt der beiden Gelenkpartner handelt es sich beim Hüftgelenk um ein Nussgelenk [4, 153], was eine besondere Form des Kugelgelenks darstellt. Der annähernd kugelförmige Gelenkkopf wird mit einem durchschnittlichen Krümmungsradius von etwa 2,5 cm von der Pfanne weitgehend umschlossen [153].

Das Hüftgelenk wird durch die Lig. iliofemorale (Bertini-Band), ischiofemorale und pubofemorale fixiert, die am Pfannenrand inserieren. Das Lig. iliofemorale ist das stärkste der 3 Bänder und erfüllt wichtige statische Funktionen. Zum einen verhindert es beim aufrechten Stand das Abkippen des Beckens nach dorsal, ohne dass Muskeln eingesetzt werden müssten, zum anderen hemmt es die Adduktion des gestreckten Beins. So wird bei gleichzeitiger Stabilisierung des Beckens auf der Standbeinseite ein Abkippen des Beckens zur Spielbeinseite verhindert, was als Trendelenburg-Zeichen bzw. -Hinken bezeichnet wird [153]. Ein weiteres Band, das Lig. capitis femoris, inseriert in einer kleinen Vertiefung des Femurkopfes, der Fovea capitis. Es übt keine stabilisierende Funktion aus, sondern ist wichtig für die Ernährung des Femurkopfes, da ein Ast der A. obturatoria in das Ligament hineinzieht [94, 188]. Im Erwachsenenalter hat die Durchblutung durch das Lig. capitis femoris jedoch keine Bedeutung [101]. Zusätzlich wird das Gelenk durch die kräftigste Gelenkkapsel des Körpers stabilisiert [153], die den gesamten Schenkelhals umhüllt [188].

Zu den Muskeln, die für das Hüftgelenk relevant sind, zählen die inneren und äußeren Hüftmuskeln sowie die Muskeln der Adduktorengruppe [153]:

- Innere Hüftmuskeln: Musculus psoas major und M. iliacus
- Äußere Hüftmuskeln: Mm. gluteus maximus, medius und minimus, M. tensor fasciae latae, M. piriformis, M. obturatorius internus, Mm. gemelli, M. quadratus femoris
- Adduktorengruppe: Mm. adductor longus, brevis, magnus und minimus, M. obturatorius externus, M. pectineus, M. gracilis

Das Hüftgelenk hat 3 Freiheitsgrade und die Bewegungsausmaße für die Extension und Flexion betragen nach der Neutral-Null-Methode 20-0-130°, für die Ab- und Adduktion 40-0-30° und für die Außen- und Innenrotation 40-0-50° [192].

Die Durchblutung des Hüftgelenks erfolgt durch die Arteriae obturatoria, glutea superior und inferior und die Arteria pudenda interna. Dabei versorgt die A. obturatoria den vorderen Teil des Acetabulums und die Fossa acetabuli. Die A. glutea superior ernährt das Pfannendach und die Aa. glutea inferior und pudenda interna zusätzlich das Acetabulum. Die venöse Versorgung erfolgt über gleichnamige Venen, die entlang der Arterien verlaufen [174].

Die Durchblutung des Femurkopfes erfolgt im Kindesalter metaphysär durch Äste der medialen und lateralen A. circumflexa. Während des Wachstums bilden sich diese Arterien zurück, sodass zunehmend die lateralen epiphysären Gefäße den Femurkopf versorgen, zu denen Äste der A. circumflexa media zählen [189].

Gemäß der Hilton-Regel werden die Bestandteile eines Gelenks von den Nerven innerviert, die auch die Muskeln versorgen, welche die Gelenkbewegungen im entsprechenden Gebiet durchführen. Die Innervation des Hüftgelenks erfolgt durch die Nerven aus dem Plexus lumbosacralis, genauer aus den Nervi femoralis, obturatorius, ischiadicus und gluteus superior [174].

## **4.2. Einteilung**

Hüftgelenksnahe Frakturen lassen sich in Schenkelhalsfrakturen und trochantäre Femurfrakturen einteilen.

### **4.2.1. Schenkelhalsfrakturen**

Schenkelhalsfrakturen sind entweder Abduktions- oder Adduktionsfrakturen. Die Frakturfragmente liegen bei Adduktionsfrakturen in Varusstellung und bei Abduktionsfrakturen in Valgusstellung vor. Durch die Varusstellung ist bei Adduktionsfrakturen keine Verkeilung der Fragmente gegeben, sodass diese Frakturen operiert werden müssen. Liegt eine Verkeilung wie bei den Abduktionsfrakturen vor, werden die Frakturfragmente eingestaucht und eine konservative Therapie ist prinzipiell möglich [125].

Zu den Schenkelhalsfrakturen zählen die mediale (intrakapsuläre) und laterale (extrakapsuläre) Oberschenkelhalsfraktur, wobei letztgenannte deutlich seltener vorkommt [69, 166].

Die mediale Schenkelhalsfraktur kann mit zahlreichen Komplikationen wie einer ischämischen Femurkopfnekrose, verzögerter Wundheilung und der Entstehung einer Pseudarthrose einhergehen. Eine Pseudarthrose, auch „Falschgelenk“ genannt, beruht auf einer unzureichenden knöchernen Konsolidierung bei der Frakturheilung, welche mit einer dauerhaften Instabilität einhergeht [153]. Diese Komplikationen beruhen u.a. auf einer Minderversorgung des Hüftkopfes aufgrund einer beeinträchtigten Gefäßversorgung des Schenkelhalses durch die Kollumgefäße [75, 153].

Die medialen Femurfrakturen können nach Pauwels (1935) und Garden (1961) sowie nach der AO-Klassifikation (1990) eingeteilt werden [61, 157, 166] (Abb. 5, 6, 7).

Bei der Klassifikation nach Pauwels werden 3 Typen unterschieden, die sich am Winkel aus dem Verlauf der Frakturlinie zur Waagrechten orientieren [157]. Pauwels Typ I schließt einen Winkel von bis zu  $30^\circ$  ein, Typ II zwischen  $30^\circ$  bis  $50^\circ$  und Typ III über  $50^\circ$  [8].

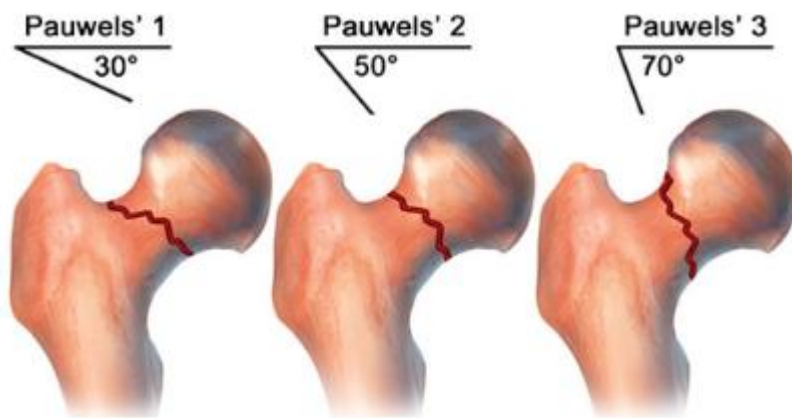


Abbildung 5: Pauwels-Klassifikation

Je steiler der Winkel nach Pauwels ist, desto höher ist die Gefahr für Komplikationen, wie z.B. einem Abrutschen des Femurkopfes und der Ausbildung einer Pseudarthrose [153].

Die Pauwels Klassifikation hat sich nicht durchgesetzt, da die radiologische Bestimmung des Pauwels-Winkels aufgrund der Außenrotationsstellung des betroffenen Beines nicht am präoperativen Röntgenbild erfolgen kann [137]. Zusätzlich ist der Winkel stark von der Stellung der Frakturfragmente abhängig und korreliert nur bedingt mit der Rate an avaskulären Nekrosen und Pseudarthrosen [62, 70].

Garden teilt die Frakturen bezüglich ihres Dislokationsgrads zwischen Femurkopf und Schenkelhals ein. Typ 1 ist eine Abduktionsfraktur mit valgisch eingestauchtem Femurkopf, Typ 2 eine komplette, jedoch unverschobene Fraktur, Typ 3 eine dislozierte Adduktionsfraktur und Typ 4 steht für eine Fraktur mit starker Dislokation [157, 166].



Frakturen vom Typ 4 haben eine schlechte Prognose für den Erhalt des Femurkopfes aufgrund der Verletzung von Gefäßen, die für die Ernährung des Femurkopfes essentiell sind. Da die Unterscheidung zwischen einer Fraktur vom Typ 3 und Typ 4 schwierig ist, wird oftmals zwischen den nicht-dislozierten Frakturen (Garden Typ 1 und 2) und den dislozierten Frakturen (Garden Typ 3 und 4) unterschieden [157].

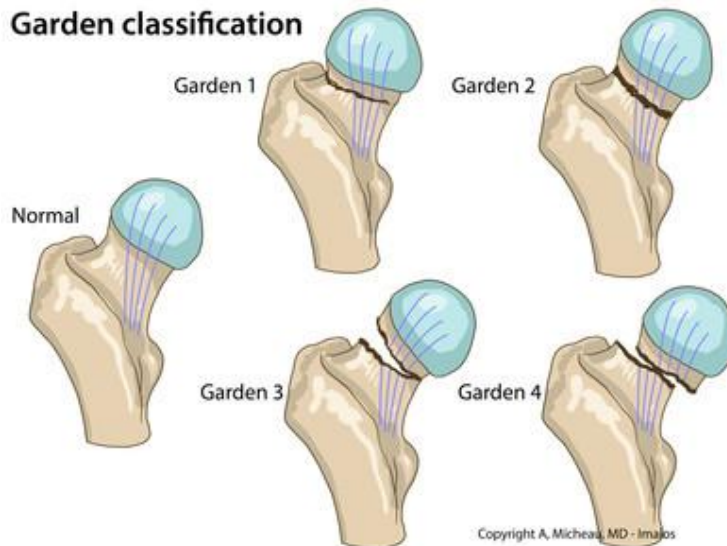


Abbildung 6: Garden-Klassifikation

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) teilt Frakturen seit 1986 anhand ihrer Lokalisation und Dislokation ein. 31-B1 Frakturen liegen subkapital, können impaktiert sein und sind wenig disloziert. 31-B2 Frakturen sind transzervikal lokalisiert und 31-B3 Frakturen sind subkapital, disloziert und nicht impaktiert [126].

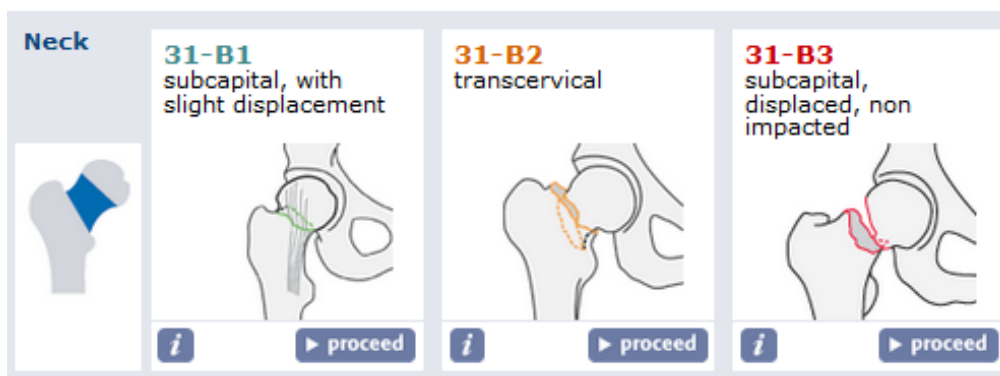


Abbildung 7: AO Klassifikation: Schenkelhalsfrakturen

#### 4.2.2. Trochantäre Femurfrakturen

Zu den trochantären Femurfrakturen zählen die pertrochantäre und subtrochantäre Femurfraktur.

Die pertrochantären Femurfrakturen werden gemäß der AO wie folgt eingeteilt [37, 125, 126] (Abb. 8):

- 31-A1: einfache pertrochantäre Frakturen, bei denen die mediale Kortikalis einfach frakturiert und die laterale Kortikalis intakt ist
- 31-A2: mediale Kortikalis ist mehrfach frakturiert
- 31-A3: intertrochantäre Frakturen, bei denen die mediale und laterale Kortikalis frakturiert ist



Abbildung 8: AO-Klassifikation: Pertrochantäre Frakturen

Außerdem wurde eine Einteilung der trochantären Femurfrakturen durch Evans-Jensen vorgeschlagen [37]:

- Typ I: undislozierte 2-Fragment Frakturen
- Typ II: dislozierte 2-Fragment-Frakturen
- Typ III: 3-Fragment-Frakturen mit medialer Abstützung
- Typ IV: ohne mediale Abstützung
- Typ V: 4-Fragment-Frakturen

Die subtrochantären Frakturen werden entsprechend der Femurschaftfrakturen klassifiziert [75].

#### 4.3. Ätiologie

Klassischerweise entstehen die medialen Schenkelhalsfrakturen durch ein niedrigerenergetisches Trauma, wie z.B. durch einen häuslichen Sturz des älteren

Menschen auf den Trochanter major aus Stand- oder niedriger Sitzhöhe [39, 166]. Das Risiko, eine Oberschenkelhalsfraktur zu erleiden, verdoppelt sich bei Frauen nach der Menopause alle 5 bis-10 Jahre. Daher überwiegt der Frauenanteil am Gesamtkollektiv der Schenkelhalsfrakturen mit 4:1 gegenüber den Männern [125]. V.a. die forcierte Außenrotation des Beines (z.B. beim Stolpern über den Teppich) stellt bei Patienten mit Osteoporose eine Gefahr dar. Ein weiterer Risikofaktor ist die chronische Überlastung mit gleichzeitig vorliegender Varusstellung des Schenkelhalses [39].

Bei den selten betroffenen jüngeren Patienten mit hüftgelenksnaher Fraktur stehen Rasanztraumata wie ein Verkehrsunfall, Sturz beim Fahrrad- bzw. Skifahren oder ein Sturz aus großer Höhe im Vordergrund [37, 166].

Bedeutend ist anamnestisch der funktionelle und soziale Status vor dem Trauma, da oftmals eine ungenügende Therapie einer Begleiterkrankung die Sturzursache darstellt [39, 166]. Insbesondere gibt es knochenbezogene ätiologische Faktoren, die erfragt werden können, wie das Vorliegen einer Osteoporose, vorhergehende Niedrigenergiefrakturen, chronischer Alkoholabusus und Mangelernährung [39, 166]. Weitere Risikofaktoren sind eine hohe Knochenumbaurate, eine Schenkelhalsfraktur bzw. Oberschenkelhalsfraktur der Mutter, Zigarettenkonsum, mangelnde körperliche Aktivität, pathologische Frakturen, Inaktivität und Hormonmangel (v.a. von Östrogenen) [39].

Zu den Risiken, die zu einer hüftgelenksnahen Fraktur führen können, gehören des Weiteren Muskelschwäche, Geh - oder Koordinationsstörungen, Fußprobleme, langsames Gangmuster, die Umgebung, dabei v.a. Stolperfallen wie Teppichkanten, Sehstörungen [114] und ein hohes Lebensalter. Als weitere Risikofaktoren wurden kardiovaskuläre Erkrankungen, neurologische Erkrankungen wie Morbus Parkinson, ein Schlaganfall und die Einnahme von Medikamenten beschrieben [37, 39].

#### **4.4. Symptomatik**

Das Leitsymptom einer Schenkelhalsfraktur ist der Schmerz im Bereich der Hüfte oder der Leiste mit Ausstrahlung in die Knieregion und der Unfähigkeit, das betroffene Bein zu belasten oder in gestrecktem Zustand anzuheben [39, 157, 166, 192]. Es besteht zudem regelhaft ein Druckschmerz über dem Trochanter major sowie häufig ein Trochanterhochstand im Vergleich zur kontralateralen unverletzten Seite [70, 192].

Bei dislozierten Frakturen, v.a. bei einer Adduktionsfraktur, liegen typischerweise eine Beinverkürzung und eine Außenrotationsfehlstellung vor [39]. Abduktionsfrakturen sind eingestaucht und zeigen oftmals wenig klinische Symptome. Es sind hier v.a. Stauchungs- und Klopfschmerzen an der Hüfte wahrzunehmen [125], sodass die

Betroffenen auch noch mehrere Tage mit der Fraktur mobil sein können. Häufig führt erst ein zunehmender Belastungsschmerz zu einer Arztkonsultation [166].

Zu den äußeren Verletzungszeichen gehören Prellmarken und Hämatome [75, 157, 166].

#### **4.5. Diagnostik und Differenzialdiagnosen**

Die Diagnostik sollte schnell und ohne Verzögerung erfolgen [37]. Sie ist anhand des Unfallmechanismus, der Klinik und mithilfe bildgebender Verfahren zu stellen.

Elementar sind dabei die Anamnese und die körperliche Untersuchung des Patienten.

Dabei sollte der Verletzungshergang analysiert und vor einer Manipulation oder Röntgenaufnahme entsprechend Analgetika verabreicht werden [39]. Die körperliche Untersuchung kann die Verdachtsdiagnose einer hüftgelenksnahen Fraktur bekräftigen, da das betroffene Bein klassischerweise verkürzt und außenrotiert ist [37]. Anschließend sollte eine konventionelle radiologische Diagnostik mit einer Beckenübersichtsaufnahme und einer axialen Aufnahme des Hüftgelenks erfolgen [37, 157]. Mit beiden

Röntgenbildern ist eine Dislokation sowohl in der frontalen als auch in der sagittalen Ebene beurteilbar. Gleichzeitig können in der Beckenübersichtsaufnahme Hinweise auf Verletzungen des Beckenrings gewonnen werden [139, 166]. Nur in Fällen starker klinischer Symptomatik ohne Frakturzeichen im konventionellen Röntgenbild sollte eine Computertomographie (CT) zur Diagnosesicherung durchgeführt werden [166]. Durch die exaktere Bestimmung der einzelnen Frakturelemente kann dadurch in Ausnahmefällen die operative Planung verbessert werden [38]. Bei pertrochantären Frakturen ist die MRT-Untersuchung bei Zweifeln an der Diagnose bzw. einem fehlenden Frakturnachweis im konventionellen Röntgenbild empfohlen.

Zur Vorbereitung einer operativen Therapie sollte eine Laboruntersuchung unter Berücksichtigung der Komorbiditäten des Patienten erfolgen [37, 39].

Zu den Differenzialdiagnosen einer hüftgelenksnahen Fraktur zählen bei älteren Patienten Prellungen, Beckenring- und Acetabulumfrakturen sowie Frakturen der unteren Lebewirbelsäule. Bei jüngeren Patienten müssen insbesondere Femurkopf- und Acetabulumfrakturen, distal gelegene Femurfrakturen sowie eine Hüftluxation in Betracht gezogen werden [157]. Auch eine aktivierte Coxarthrose, Insertionstendopathien, eine Bursitis ileopectinea oder trochanterica, ein knöcherner Sehnenaustriss am Becken sowie eine Coxitis gehören in das differenzialdiagnostische Spektrum hüftgelenksnaher Beschwerden [39]. Zudem muss eine Trochanterabrissfraktur ausgeschlossen werden [37].

## **4.6. Therapie**

Vorrangiges Ziel der Therapie einer hüftgelenksnahen Fraktur beim älteren Patienten sollte die schnelle Remobilisierung sein [166], da andernfalls immobilitätsassoziierte Komplikationen wie Dekubiti, Harnwegsinfekte und Pneumonien drohen [160]. Eine schnelle Mobilisierung mindert zusätzlich das Thrombose- und Embolierisiko. Gleichzeitig wird die Rehabilitationszeit verkürzt, da ältere Patienten durch Immobilisation schnell Muskelmasse verlieren, die nur schwer wieder aufgebaut werden kann [2].

Bei jungen Patienten im Alter unter 65 Jahren, bei denen hüftgelenksnahe Frakturen primär im Zusammenhang mit Hochrasanztraumata vorkommen, ist vordergründig der Erhalt des Femurkopfes wichtig. Ein Grund dafür ist die begrenzte Haltbarkeit von Gelenkprothesen, sodass eine schnelle definitive Versorgung erforderlich ist, um die Gefahr einer Femurkopfnekrose zu minimieren. Diese entsteht frakturbedingt aufgrund einer Durchblutungsstörung, z.B. durch das Abknicken von Gefäßen oder ein intrakapsuläres Hämatom [2, 166].

Bei der Primärversorgung sollte eine schonende und schmerzarme Lagerung erfolgen. Zusätzlich sollten keine Repositionsversuche durchgeführt [166] und wie schon angesprochen eine schnelle definitive Versorgung der Fraktur angestrebt werden. Entscheidend für die Wahl des therapeutischen Verfahrens, insbesondere ob eine Osteosynthese oder eine Prothese gewählt werden soll, sind verschiedene Faktoren, wie der prätraumatische Mobilitätsgrad, die Unabhängigkeit des Patienten im Alltag und sein psychischer Zustand.

### **4.6.1. Konservative Therapie**

Die konservative Therapie einer hüftgelenksnahen Fraktur ist nur in Ausnahmefällen indiziert und nicht Methode der Wahl. Sie wird aufgrund der immobilitätsassoziierten Komplikationen sowie der besseren Ergebnisse nach operativer Therapie kaum noch durchgeführt [39].

Eine konservative Therapie mit schmerzabhängiger Mobilisierung und Physiotherapie kann in Erwägung gezogen werden, wenn es sich um eine eingestauchte Abduktionsfraktur (Pauwels I, Garden I) handelt [39, 166]. Regelmäßige Röntgenkontrollen sind dabei erforderlich, um eine Dislokation des Hüftkopfes frühzeitig zu erkennen, mit der in bis zu 20% der Fälle gerechnet werden muss [39, 73].

Eine seltene Indikation für ein konservatives Vorgehen ist das Vorliegen von schweren allgemeinen Kontraindikationen gegen eine operative Therapie [166], wie dies bei moribunden Patienten der Fall sein kann.

Problematisch beim konservativen Vorgehen ist die geforderte Teilbelastung des betroffenen Beins, die für viele ältere Patienten nicht durchführbar ist. Aus diesem Grund wird eine operative Therapie mit Prothesen bevorzugt, da postoperativ in den meisten Fällen eine Vollbelastung durchgeführt werden kann.

Zusätzlich sollten, sofern vorhanden, präventiv Risikofaktoren für eine erneute Fraktur minimiert werden. Dazu gehört eine weiterführende Diagnostik bezüglich einer eventuell vorliegenden Sturzneigung, sodass z.B. neuromuskuläre Erkrankungen abgeklärt werden. Zum anderen sollten nicht medikamentöse und medikamentöse Maßnahmen, soweit indiziert, ergriffen werden. Dazu zählen u.a. regelmäßige Bewegung, Verbesserung der Muskelkraft und Koordination und die Gabe von Bisphosphonaten bei manifester Osteoporose [39].

#### **4.6.2. Operative Therapie**

Die operative Therapie ist das Verfahren der Wahl [39, 157, 166], da eine schnelle Mobilisierung insbesondere für ältere Patienten bedeutsam ist und daher das vorrangige Ziel der operativen Versorgung darstellt [192]. V.a. bei zementierten Prothesen ist eine sofortige Vollbelastung postoperativ möglich, sodass eine schnelle und intensive Physiotherapie erfolgen kann. Des Weiteren ist die Gefahr einer unzureichenden Reposition bei einer konservativen Therapie hoch [7]. Durch osteosynthetische Eingriffe kann das Hüftgelenk bei jungen Patienten erhalten werden.

Bei den operativen Therapiemöglichkeiten werden hüftkopferhaltende Verfahren durch den Einsatz von Osteosynthesen wie der dynamischen Hüftschraube (DHS) und Zugschrauben, von den Prothesen (Total- und Hemiendoprothesen) unterschieden.

Mediale Schenkelhalsfrakturen werden bei jungen Patienten < 65 Jahren, speziell bei Patienten mit frischer Fraktur, d.h. das Trauma liegt < 6 Stunden zurück, bevorzugt hüftkopferhaltend operiert. Das Risiko, im weiteren Verlauf doch eine Prothese zu benötigen, ist jedoch relevant hoch [51]. Gerade bei Patienten zwischen 40 und 65 Jahren wird die Entscheidung für eine Osteosynthese oder Prothese kontrovers diskutiert [157]. Zur Entscheidung für ein hüftkopferhaltendes Vorgehen sind das Alter, das Aktivitätsniveau und die Fähigkeit zur Teilbelastung des betroffenen Beins im Rahmen der postoperativen Mobilisierung relevant. V.a. bei Kindern, Jugendlichen und jungen

Erwachsenen sollte stets ein hüftgelenkerhaltendes Verfahren gewählt werden [166]. Dies bietet sich zudem an bei gut reponierbaren Frakturen, guter Knochenqualität und fehlenden Anzeichen von Osteoarthritis [157].

Die am weitesten verbreiteten Osteosyntheseverfahren sind die Versorgung mittels dreier kanülierter Schrauben sowie die DHS [157, 166].

Bei der Operation selbst ist in beiden Fällen meist eine geschlossene Reposition auf dem Extensionstisch durch Längszug, Innenrotation und Adduktion des Beines möglich [166]. Dies sollte so exakt wie möglich erfolgen, wobei eine leicht valgisierende Stellung akzeptiert werden kann [157].

Bei der Versorgung mit 3 Zugschrauben mit kurzem Gewinde wird gleichzeitig die Hüftgelenkshöhle eröffnet, um ein möglicherweise vorliegendes intrakapsuläres Hämatom auszuräumen [166]. Die unterste und wichtigste Schraube beginnt lateral an der Trochanterbasis und liegt im axialen Strahlengang zentral im Femurkopf (Abb. 9). Die 2. und 3. Schraube verlaufen proximal zur 1. [157, 166].



Abbildung 9: Therapie einer medialen Schenkelhalsfraktur mit 3 Zugschrauben

Komplikationen dieses Operationsverfahrens sind die Fraktur der lateralen Femurkortikalis im Sinne einer intertrochantären Femurfraktur, die Hüftkopfnekrose und die Schenkelhalspseudarthrose. Das Risiko einer Hüftkopfnekrose liegt bei ca. 20% und ist abhängig vom Ausmaß der Dislokation, dem Operationszeitpunkt und der korrekten Durchführung der Osteosynthese. Die Häufigkeit der Schenkelhalspseudarthrosen schwankt zwischen 2% und 30%. Dabei spielen die Knochenqualität, der Frakturverlauf, der Dislokationsgrad und eine Reposition in Varusstellung eine Rolle [51].

Die DHS, auch als Pohl-Laschenschraube bekannt und im englischen Sprachgebrauch als *dynamic hip screw* oder *sliding screw fixation* bezeichnet, besteht aus einer Schenkelhalsschraube und einem extramedullären Kraftträger (Abb. 10). Dieser wird wie eine Platte mit Schrauben am proximalen Femurschaft angebracht. Die Schenkelhalsschraube gleitet in der Führung der Osteosynthesenplatte und komprimiert so den Frakturspalt. Eine Antirotationsschraube kann zusätzlich parallel oberhalb der Schenkelhalsschraube eingebracht werden, um eine Rotation des Hüftkopfes um die Schenkelhalsschraube zu verhindern [166]. Der Vorteil der DHS liegt in der primär hohen Belastungsstabilität [70], der geringen Komplikationsrate und den niedrigen Kosten [51]. Sie bietet sich an bei gut reponierbaren Frakturen, solider Knochendichte und fehlender Osteoarthritis.



Abbildung 10: Dynamische Hüftschraube (DHS)

Auch bei der DHS besteht das Risiko einer Pseudarthrose und einer Hüftkopfnekrose. Zusätzlich ist bei beiden Osteosyntheseverfahren die Gefahr der sekundären Dislokation bei Versagen des Osteosynthesematerials mit einer Wahrscheinlichkeit von 2 bis 5% gegeben. Das Dislokationsrisiko ist abhängig vom Frakturtyp, der Knochen- und Repositionsqualität und dem verwendeten Implantat [166]. Die Revisionsrate liegt ungefähr zwischen 10 bis 48%, wobei ca. 20% der Patienten mit osteosynthetischer Versorgung im weiteren Verlauf eine Endoprothese benötigen [166]. Bei der Revisionsoperation mittels TEP ist das funktionelle Ergebnis schlechter und die Rate an Frühkomplikationen höher als bei einer primären Prothesenversorgung [122]. Im Vergleich zu einer Prothesenimplantation sind die Operationslänge, der perioperative Blutverlust, die Notwendigkeit von Transfusionen und das Risiko für tiefe Wundinfektionen bei einer osteosynthetischen Versorgung signifikant geringer. Ein Unterschied in der Länge des Krankenhausaufenthalts und der Mortalität besteht nicht [132].



Bei älteren Patienten, v.a. mit dislozierten Frakturen (Garden 3 und 4), wird ein Hüftgelenkserersatz durch eine Hemiendoprothese (HEP) oder Totalendoprothese (TEP) bevorzugt (Abb. 11, 12). Prothesen werden zudem zur Schmerzlinderung und Verbesserung der Mobilität bei fortgeschrittener Coxarthrose eingesetzt [118, 158, 166]. Eine TEP besteht aus einer Schaftkomponente mit Hüftkopf und einer künstlichen Hüftpfanne. Bei der Schaftkomponente gibt es neben den Standardschäften auch Kurzschafthprothesen, die mit der Einführung der minimalinvasiven Hüftendoprothetik an Bedeutung gewinnen [145]. Statt einer TEP kann auch eine Femurkopfprothese, d.h. eine HEP implantiert werden, bei der zwischen unipolaren und bipolaren Prothesen unterschieden wird. Bipolare Prothesen werden auch Duokopfprothese genannt, da sie aus 2 Hüftkopfschalen besteht, die gegeneinander laufen. Zwischen unipolaren und bipolaren Prothesen gibt es keine Unterschiede bezüglich Dislokation, der Rate an Revisionsoperationen, acetabulärer Abnützung, Mortalität und allgemeinen Komplikationen sowie dem postoperativen *Harris-Hip-Score* (HHS) [199].

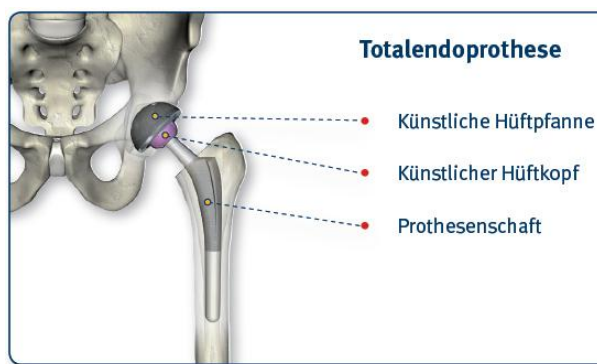


Abbildung 11: Schema einer Totalendoprothese

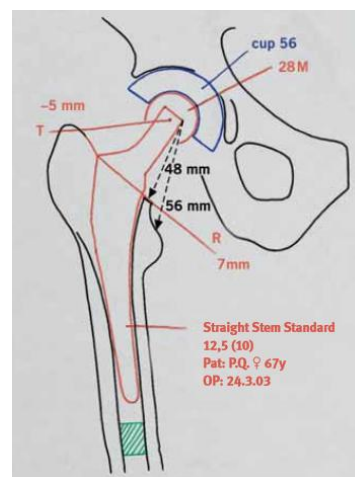


Abbildung 12: Schematische Darstellung einer Duokopfprothese

Die Duokopfprothese besteht in der Regel aus einer äußeren Keramik- oder Metallkappe, einem Polyethylen-Inlay und einem zementierten Schaft mit Keramik- oder Metallkopf. Die Rotation im Gelenk erfolgt folglich zwischen dem Prothesenkopf und der aufgesetzten Keramik- oder Metallkappe [166]. Der große Unterschied zur TEP ist der Verzicht auf eine zusätzliche Versorgung des Acetabulumus mit der Implantation einer Pfanne, sodass die Kappe der Prothese direkt in das belassene Acetabulum reponiert wird. Dadurch kann die OP-Zeit bei HEPs kürzer gehalten werden und die Blutverluste sind geringer [82]. Nach der Operation ist das betroffene Hüftgelenk sofort wieder vollständig belastbar und die Patienten können schnell mobilisiert werden. Ein weiterer Vorteil der

Prothese liegt in der Möglichkeit des Wechsels auf eine konventionelle Hüfttotalendoprothese ohne Entfernung der Femurkomponente [101].

Sowohl für TEPs als auch für HEPs werden dieselben operativen Zugänge genutzt, wobei zunehmend minimalinvasiv vorgegangen wird, was nicht nur kosmetisch vorteilhaft ist. Minimalinvasive Zugänge führen zudem zu besseren klinischen Ergebnissen im frühen postoperativen Verlauf mit signifikant erniedrigten Werten für die Konzentrationen von Kreatinkinase und Myoglobin. Des Weiteren ist der intraoperative Blutverlust geringer und die Patienten erreichen bessere Ergebnisse im HHS, wobei keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Komplikationen bestehen [195]. Bei der HEP wird meist ein lateraler oder posteriorer Zugang gewählt. Beide Zugänge unterscheiden sich nicht bezüglich gesundheitsbezogener Lebensqualität, Schmerzen und Zufriedenheit, wenn die Störfaktoren beachtet werden. Daher sollte die Entscheidung über den Zugang von anderen Faktoren abhängig gemacht werden, wie z.B. dem Dislokationsrisiko [112]. Der direkte anteriore Zugang führt im Vergleich zum posterolateralen Zugang zu einem besseren Ergebnis in Bezug auf den Gang sowie die Dislokationsrate. Auch bei der Implantation einer TEP zeigt der direkte anteriore Zugang eine schnellere funktionelle Wiederherstellung [106]. Im Vergleich zwischen dem direkten lateralen und posterolateralen Zugang bei der Implantation einer HEP zeigen Patienten mit direktem lateralen Zugang signifikant häufiger ein positives Trendelenburgzeichen, d.h. eine Insuffizienz der Glutealmuskulatur, und ein hinkendes Gangbild [150].

Um den perioperativen Blutverlust zu reduzieren, der insbesondere bei einer TEP hoch sein kann, wird die Applikation von Tranexamsäure empfohlen, wobei es keine großen Wirkunterschiede zwischen einer topischen und intravenösen Gabe gibt. Bei Patienten, die ein hohes Risiko für thromboembolische Ereignisse haben, könnte die topische Applikation jedoch vorteilhaft sein [168].

Die Hauptindikation für eine Duokopfprothese ist die osteoporotisch bedingte mediale Schenkelhalsfraktur bei älteren Patienten, die auch als Sekundärtherapie nach Versagen einer Osteosynthese implantiert werden kann [124]. Kontraindikationen stellen z.B. zusätzliche Acetabulumfrakturen oder eine Protrusionscoxarthrose dar. Bei jüngeren Patienten wird die Duokopfprothese zurückhaltend eingesetzt, da diese den Gelenkknorpel zerstören können. Mögliche Indikation bei jüngeren Patienten kann ein Tumorbefall oder eine Hüftkopfnekrose sein.

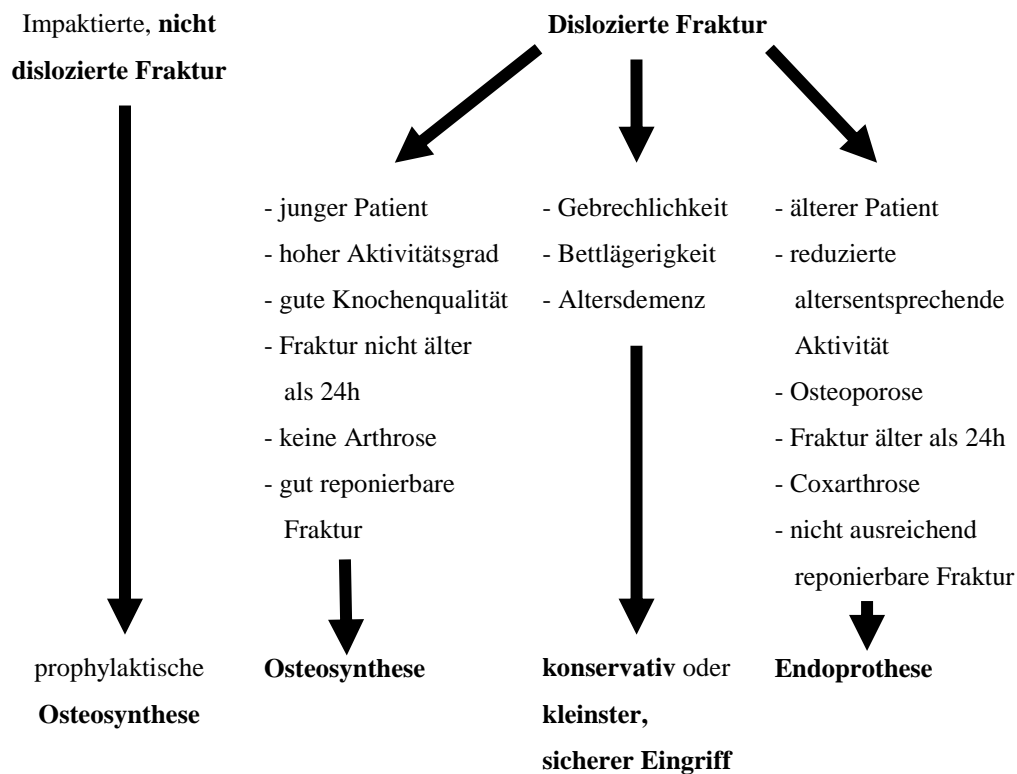
Bei vorbestehender Arthrose [166] und bei Frakturen, die älter als 24 Stunden sind [157], wird die Implantation einer TEP empfohlen.

Bei beiden Prothesenarten besteht neben den allgemeinen perioperativen Risiken auch die Gefahr einer Schaftfissur oder -fraktur. Weitere Komplikationen können Hämatome, Infektionen, Prothesenluxationen und Frühlockerungen darstellen. Die Luxationsrate ist

bei der TEP mit 6% deutlich höher als bei der Duokopfprothese mit 1% [166]. In einer aktuellen chinesischen Studie hatten Patienten nach der Implantation einer TEP postoperativ signifikant weniger Schmerzen und ein besseres funktionelles Ergebnis. Zudem waren weniger Revisionsoperationen nötig. Die postoperative Infektionsrate zeigte jedoch keinen Unterschied zwischen den beiden Prothesenarten [82]. Im Vergleich zwischen Schenkelhalsschrauben und HEP bei dislozierten Schenkelhalsfrakturen von Patienten mit schweren kognitiven Beeinträchtigungen ergibt sich dieselbe 2-Jahres-Mortalität. Die Rate an Revisionsoperationen ist bei den Schenkelhalsschrauben jedoch höher, wohingegen Patienten mit einer HEP eine etwas schlechtere Mobilität aufweisen, wenn auch nicht signifikant. Schlussfolgernd kann keinem der beiden Verfahren bei diesem Patientengut ein echter Vorteil zugesprochen werden [13].

Sowohl die TEP als auch die HEP können zementiert oder unzementiert in den Knochen eingebracht werden, wobei im Jahr 2007 in Deutschland 65% aller TEPs zementfrei implantiert wurden [75, 156, 157]. Generell ist die Verwendung von Knochenzement auch von der intraoperativ festgestellten Knochenqualität abhängig [157]. Bei beiden Varianten sind die postoperativen Schmerzen gemessen an der visuellen Analogskala (VAS) vergleichbar. Die Komplikationen bezüglich des Implantats sind in der zementierten Variante jedoch signifikant niedriger und die Mobilität besser [170]. In einer norwegischen Studie konnte zudem nachgewiesen werden, dass bei unzementierten HEPs im Gegensatz zu zementierten häufiger Revisionsoperationen nötig sind. Die Ursachen für die Revisionsoperationen stellten periprotehetische Frakturen, aseptische Implantatlockerungen, Hämatombildung und oberflächliche Infektionen sowie Dislokation dar. Jedoch wurden für die zementierten Prothesen mehr intraoperative Komplikationen einschließlich des intraoperativen Todes verzeichnet [64]. Um Schmerzen im Bereich des Oberschenkels nach Versorgung mit einem zementfreien Schaft zu verringern, wird versucht, diese weiter zu modifizieren. Zu diesen Modifikationen gehören ein vergrößertes femorales Offset (FO), auf das im Abschnitt Prognose noch genauer eingegangen wird, und distale Schaftveränderungen [86].

Folgender Algorithmus kann die Therapieentscheidung beim Vorliegen einer Schenkelhalsfraktur erleichtern (adaptiert nach [39]):



Die Mobilisierung beginnt unabhängig von der Art der operativen Versorgung spätestens am 2. postoperativen Tag, jedoch sollte bei der Osteosynthese eine Teilbelastung für 6 Wochen durchgeführt werden [166].

#### 4.7. Prognose

Durch das oft hohe Alter sterben 1/5 aller Patienten innerhalb eines Jahres nach einer proximalen Femurfraktur [154]. In einer japanischen Studie lag die 1-Jahres-Mortalität nach einer Hüftfraktur bei 15% [175] und in einer anderen Studie bei Patienten mit einer Duokopfprothese sogar bei 28% nach 1 Jahr und 63% nach 5 Jahren [178]. Werden die trochantären Frakturen allein betrachtet, liegt die Frühkomplikationsrate bei 1,5% und die Krankenhausmortalität bei 4%. Ein Großteil der Patienten muss in eine stationäre Weiterbehandlung verlegt werden [20].

Im Vergleich zwischen einem Patientenkollektiv aus den Jahren 1978 bis -1983 und einem aus den Jahren 1998 bis -2003 ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Mortalitätsrate und dem funktionellen Ergebnis [54].

Weiterhin kein signifikanter Unterschied besteht zwischen der Mortalität bei Patienten, die mit einer TEP versorgt wurden, und Patienten, die eine Duokopfprothese erhalten haben [24]. Die Rate an Revisionsoperationen ist bei der Versorgung mit einer TEP jedoch geringer und die Ergebnisse im *Harris Hip Score* (HHS) besser [24, 84]. Bezüglich der Rate an Dislokationen [6, 24] und allgemeinen Komplikationen ist die

Therapie mit einer Duokopfprothese vorteilhafter [84], jedoch wird bei beiden Patientengruppen eine Verschlechterung der Gehstrecke beobachtet [6].

Im Vergleich zwischen der TEP und der Osteosynthese haben Patienten mit einer TEP wiederum signifikant bessere Ergebnisse im HHS und brauchen im Gegensatz zu den Patienten mit Osteosynthese keine Revisionsoperation. Die Gesamtkomplikationsrate in den beiden Gruppen unterscheidet sich jedoch nicht [185].

Ungeachtet der Versorgung sind 50% der Patienten nach einer Schenkelhalsfraktur langfristig beeinträchtigt und 1/4 davon ist auf dauerhafte Hilfe angewiesen [166]. Auch die gesundheitsbezogene Lebensqualität (*HR-QOL = health-related quality of life*) ist bei Patienten mit Hüftfrakturen lebenslang vermindert [76] und über 5% der Patienten sind nach einer Operation bei Entlassung geheingeschränkt [17].

Prognostisch relevant für Patienten mit einer Schenkelhalsfraktur sind das Alter, ein schlechter präoperativer Allgemeinzustand und der kognitive Status. Zusätzlich weisen Männer ein schlechteres Langzeitüberleben auf [93, 157]. Weiterhin von Bedeutung sind der Frakturtyp und die damit einhergehende Versorgung sowie eine Anämie.

Hüftschmerzen, die Muskelkraft und die postoperative Mobilität sowie die Einnahme von Medikamenten gegen kardiovaskuläre Krankheiten und die prätraumatischen Lebensumstände sind zusätzliche Prognosefaktoren [99, 154]. Nach einer Hüftfraktur leben die Patienten eher in Altenheimen und brauchen häufiger Medikamente gegen kardiovaskuläre Krankheiten als Patienten ohne Fraktur [154]. Am Wichtigsten sind wohl das Alter und der prätraumatische funktionelle Zustand [99].

Auch die Blutversorgung des Femurs ist prognostisch relevant [192], da eine eingeschränkte Durchblutung u.a. zu Femurkopfnekrosen führen kann.

Die intraoperative Verwendung von Bluttransfusionen ist mit einem längeren stationären Aufenthalt, höheren Kosten, höherer Wahrscheinlichkeit einer Verlegung in eine andere stationäre Versorgungseinrichtung und schlechteren chirurgischen und medizinischen Ergebnissen assoziiert. Dabei stieg die Rate an Bluttransfusionen von 11,8% im Jahr 2000 auf 19% im Jahr 2009 an. Risikofaktoren für eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, eine Bluttransfusion zu benötigen, sind u.a. ein hohes Alter, weibliches Geschlecht und schwarze Hautfarbe [147].

Ein weiterer prognostischer Faktor ist die Zeit, die bis zur operativen Therapie vergeht. Dabei gibt es mehr postoperative Komplikationen, wenn diese Zeit eine Länge von 36 Stunden überschreitet. Zu den Komplikationen gehören z.B. Dekubitalulcera, Harnwegsinfekte, Thrombosen, Pneumonien, kardiovaskuläre Probleme und v.a. postoperative Blutungen und Implantatkomplikationen. Ein Effekt auf die Mortalität konnte jedoch nicht nachgewiesen werden [160]. In Deutschland nimmt die Zeit bis zur

operativen Versorgung in den letzten Jahren stetig ab: Während 2004 noch 14% der Patienten mehr als 48 Stunden auf eine Operation warten mussten, sind es 2008 noch 11,6%. Patienten, die an einem Freitag wegen einer Hüftfraktur aufgenommen werden, müssen länger auf eine Operation warten als Patienten, die an einem anderen Wochentag ins Krankenhaus eingeliefert werden [17].

Zusammenfassend stellt eine Übersichtsarbeit aus dem Deutschen Ärzteblatt als wichtigste prognostische Faktoren eine kurze präoperative Liegedauer, keine Verzögerung bei einem geplanten Hüftkopferhalt sowie eine fächerübergreifende Organisation einer geriatrischen Nachbetreuung fest [157]. Diese Nachbetreuung sollte eine Sekundärprophylaxe mit einschließen. Dazu gehört u.a die Therapie zugrunde liegender Krankheiten wie eine Osteoporose und Maßnahmen zur Sturzprävention sowie die Verwendung von Hüftprotektoren [166].

Aus biomechanischer Sicht sind hüftgelenksnahe Frakturen problematisch, da hier die entlang der Femurlängsachse verlaufenden axialen Belastungen in Scherkräfte umgewandelt werden. Des Weiteren steigt die Biegebeanspruchung in diesem Bereich an, da sich der CCD-Winkel altersbedingt auf Werte von ca. 115° vermindert [192].

Bei den medialen Schenkelhalsfrakturen mit großem Pauwels-Winkel ist die Frakturheilung durch die fehlende Kompression der Fragmente schlechter als bei Frakturen mit kleinem Winkel [192].

Zusätzlich spielt die Art der Reposition eine Rolle für das klinische Ergebnis. Bei Patienten unter 60 Jahren wird eine anatomische Reposition empfohlen, wenn die Fraktur nicht disloziert ist und einen kleinen Pauwelswinkel (Pauwels 1, Garden 2) aufweist. Dislozierte Frakturen mit höherem Pauwelswinkel (Pauwels 2 und 3, Garden 3 und 4) sollten in Valgusposition reponiert werden [59].

Bei älteren, multimorbiden Patienten stellt eine anatomische Reposition bei einer Operation mit einer HEP möglicherweise keinen großen Einflussfaktor für das kurzfristige klinische und funktionelle Outcome dar [79].

Ein weiterer wichtiger prognostischer Parameter ist das femorale Offset (FO), welches die orthogonale Strecke zur Femurschaftachse durch das Drehzentrum des Femurkopfes bezeichnet [110] und im Abschnitt Material und Methoden genauer erklärt wird. Eine korrekte Wiederherstellung des FO bei der Implantation einer TEP ist wichtig, um die Kraft der Hüftabduktoren zu verbessern [97, 197]. Dabei ist ein niedriges FO mit postoperativ weniger Schmerzen verbunden im Vergleich zu einem normalen oder vergrößerten FO. Eine Korrelation zwischen einer bestimmten Größe des FO und einer höheren Dislokationsrate besteht nicht [113]. Gleichzeitig führt ein verringertes FO zu schlechteren funktionellen Ergebnissen [26], wie z.B. einer Verkleinerung des

Bewegungsausmaß [134] mit einer einhergehenden schlechteren passiven Hüftadduktion. Des Weiteren deuten Studiendaten darauf hin, dass eine Verkleinerung des FO um mindestens 15% zu einer postoperativen Gangveränderung mit einer reduzierten Schwunggeschwindigkeit und einem geringeren Bewegungsausmaß im Kniegelenk beim Gehen führt. Dahingegen zeigen Patienten mit einem physiologisch rekonstruierten oder vergrößerten FO im operierten Hüftgelenk keine wesentlichen Unterschiede zur gesunden Seite. Auch das Risiko eines postoperativen Impingements kann durch die Wiederherstellung des FO minimiert werden [134]. Gerade ein anteriores femoroacetabuläres Impingement kann bei jungen Patienten, die eine Schenkelhalsfraktur erlitten haben, zu Hüft- und Leistenschmerzen sowie Bewegungseinschränkung führen. Der Schmerz kann bei diesen Patienten ausgelöst werden, indem der Schenkelhals passiv gegen den acetabulären Rand in Flexion, Adduktion und Innenrotation gedrückt wird. Therapeutisch wird dann versucht, das FO zu verbessern oder eine intertrochantäre Osteotomie durchzuführen, um eine größere Freiheit des Gelenks herzustellen [49]. Für das Langzeitüberleben einer TEP ist eine Wiederherstellung des FO zusätzlich erstrebenswert [148].

Auch das globale Offset (GO), das im Abschnitt Material und Methoden erklärt wird, ist für das postoperative Ergebnis von Bedeutung. In einer Studie wiesen Patienten, die eine zementierte Duokopfprothese über einen posterolateralen Zugang nach Schenkelhalsfraktur erhalten und postoperativ remittierende Dislokationen hatten, ein signifikant verringertes GO sowie ein kürzeres Bein und ein flacheres Acetabulum im Vergleich zu Patienten auf, die keine Dislokationen hatten. Diese Faktoren könnten die Weichteilspannung der operierten Hüfte verringern und zu einer Prädisposition für Dislokationen führen [124].

#### **4.8. Fragestellung**

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des postoperativen FO auf die funktionellen Ergebnisse 12 Monate nach operativer Therapie mit einer Duokopfprothese bei einer dislozierten medialen Schenkelhalsfraktur älterer Patienten untersucht. Zweifelsfrei bewiesen wurde ein Zusammenhang zwischen dem FO und den postoperativen Ergebnissen bei Patienten nach einer Versorgung mittels TEP. Äquivalente Arbeiten, die diesen Zusammenhang nach einer Versorgung mit einer Duokopfprothese bei einer proximalen Femurfraktur untersuchen, liegen bisher nicht vor. Zur korrekten Wiedergabe des FO wurde in dieser Arbeit eine neu entwickelte Formel verwendet, die im nächsten Kapitel näher erläutert wird. Des Weiteren werden die verschiedenen, international anerkannten funktionellen Scores zur Quantifizierung der

funktionellen Ergebnisse postoperativ vorgestellt sowie die Korrelation zwischen dem FO und funktionellen Ergebnissen näher erläutert



## **5. Material und Methoden**

### **5.1. Patientenkollektiv**

Im Rahmen der „RePrOF“ Studie (Rehabilitation nach proximaler Oberschenkelfraktur) am Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Marburg, wurden die klinischen Daten für diese Arbeit gewonnen [21]. Eingeschlossen wurden geriatrische Patienten, die nach einer dislozierten medialen Schenkelhalsfraktur mit einer Duokopfprothese versorgt wurden.

Ausschlusskriterien waren nicht dislozierte Schenkelhalsfrakturen, pathologische Frakturen durch maligne Erkrankungen und Frakturen durch Hochrasanztraumata. Des Weiteren wurden Patienten mit Polytrauma, vorbestehenden Anomalien der Hüftarchitektur aufgrund eines Traumas oder kongenital sowie inkompletter klinischer und radiologischer Dokumentation ausgeschlossen. Auch eine fehlende Einwilligung in die Studie durch den Patienten selbst oder den Betreuer stellte ein Ausschlusskriterium dar.

Insgesamt wurden die Daten von 126 Patienten untersucht, wobei ein männlicher Patient zweimal in der Studie aufgeführt wird, da dieser während des Beobachtungszeitraums an beiden Hüften eine Duokopfprothese erhalten hat. Von den 126 Patienten sind 30 männlich (24%) und 96 weiblich (76%) (Abb. 13). Die älteste Patientin war bei ihrer Operation 99 Jahre, die jüngste Patientin 63 Jahre alt. Das Durchschnittsalter des Patientenkollektivs beträgt  $82 \pm 7$  Jahre. Sie wurden alle zwischen dem 10.4.2009 und dem 05.09.2012 am Universitätsklinikum in Marburg operiert. 41 Patienten wurden im Jahr 2009, 53 im Jahr 2010, 32 im Jahr 2011 und 1 Patient im Jahr 2012 operiert (s. Anhang). Der Patient, der in der Studie doppelt vorkommt, wurde einmal im Jahr 2009 und einmal im Jahr 2010 operiert. Es wurden 60 linke Hüften und 67 rechte Hüften operiert (s. Anhang).

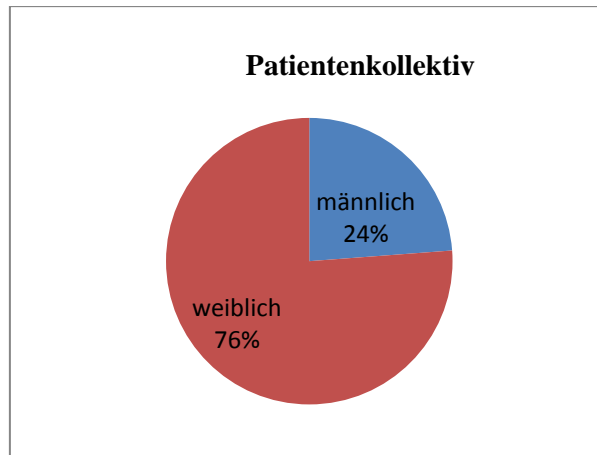


Abbildung 13: Patientenkollektiv der Studie

## 5.2. Operationstechnik

Die verwendeten Duokopfprothesen wurden von der Firma Zimmer hergestellt, wobei der Müller Geradschaft Standard bei 123 Patienten und der Müller Geradschaft Lateral bei 2 Patienten eingesetzt wurde (Abb. 14). Ein Patient erhielt ein Modell der Firma Smith&Nephew. Alle Prothesen hatten einen CCD-Winkel von  $135^\circ$  mit einer Größe der femoralen Komponente von 7,5-17,5 mm sowie einer Kopfgröße zwischen 28-56 mm.



Abbildung 14: Müller Geradschaft

Das operative Vorgehen entsprach den Empfehlungen des Prothesenherstellers: Die Patienten wurden auf dem Rücken gelagert und der operative Zugang erfolgte anterolateral. Eine oszillierende Säge wurde für die Osteotomie des Schenkelhalses verwendet und die Zementierung der femoralen Komponente erfolgte mit einer Technik aus der 3. Generation (Palacos®, Heraeus Medical GmbH, Wehrheim, Deutschland). An der Spitze der femoralen Komponente wurde ein Zementstopper eingesetzt (Ethisorb® medullary plug, DePuy Orthopaedics, Inc., Warsaw, Indiana, USA). Durch die intraoperative Messung des Femurkopfdurchmessers wurde die Größe der Hüftkopfprothese bestimmt. Zusätzlich wurde die korrekte Lage und Größe des Implantats mittels intraoperativer Durchleuchtung (Siremobil compact GE OEC 9900 C-Arm, Siemens, Medical Solutions, Erlangen, Deutschland) gesichert. Für die postoperative Therapie wurde ein standardisiertes Protokoll verfolgt, bei dem die Patienten am 1. postoperativen Tag unter Vollbelastung mobilisiert wurden. Die eingesetzten Saugdrainagen wurden nach 48 Stunden entfernt. Nach der Mobilisierung wurden standardisierte postoperative antero-posteriore und axiale Röntgenbilder der Hüfte in Rückenlage angefertigt.

Mithilfe der Kliniksoftware ORBIS® von der Firma AGFA HealthCare GmbH, Bonn, Deutschland, wurden in den digitalen Patientenakten des Universitätsklinikums die 1. postoperativen Röntgenbilder der Hüfte in der anterior-posterioren Ebene aufgerufen und mit dem Röntgenbildprogramm IMAPX FX (AGFA HealthCare GmbH, Bonn, Deutschland) geöffnet.

Nur bei 2 Patienten waren keine anterior-posterioren Röntgenbilder des operierten Hüftgelenks vorhanden, sodass für diese beiden eine anterior-posteriore Aufnahme des Beckens verwendet wurde.

### **5.3. Radiologische Parameter**

Im Folgenden werden die in dieser Studie erhobenen radiologischen Parameter in der Reihenfolge ihrer Erhebung erläutert.

#### **5.3.1. Durchmesser der Duokopfprothese und des Schenkelhalses**

Der maximale Kopfdurchmesser (pD Kopf) der Duokopfprothese wurde mithilfe des Kreiswerkzeuges bestimmt, sodass der Rand des Kopfes vom Kreis eingeschlossen wurde (Abb. 15). Durch den Mittelpunkt dieses Kreises wurde eine Strecke zum Kreis gelegt, um den Durchmesser zu bestimmen.

Um den Durchmesser des Schenkelhalses (pD Hals) zu erhalten, wurde ein größtmöglicher Kreis in die Begrenzung des Halses der Prothese gezeichnet und entsprechend dem Vorgehen beim Kopfdurchmesser eine Strecke in den Kreis gelegt. Die Werte des Duokopfdurchmessers wurden zur Kalibrierung der Messgrößen verwendet, da die Größen der verwendeten Duokopfprothesen aus den Operationsberichten bekannt waren. Bei 76 Patienten fehlte die Angabe zur Kopfgröße, sodass diese ermittelt werden mussten. Dazu wurden die gemessenen Kopfgrößen, bei denen die tatsächliche Duokopfgröße bekannt war, sortiert, sodass 9 Gruppen mit den Größen 42, 44, 46, 48, 50, 52, 53, 54 und 56 entstanden. Innerhalb dieser Gruppen wurde der Mittelwert des gemessenen Duokopfdurchmessers ermittelt. Bei den Patienten mit fehlender Angabe der Kopfgröße wurde der gemessene Duokopfdurchmesser mit den errechneten Mittelwerten verglichen, sodass sie einer tatsächlichen Duokopfgröße zugeordnet werden konnten.

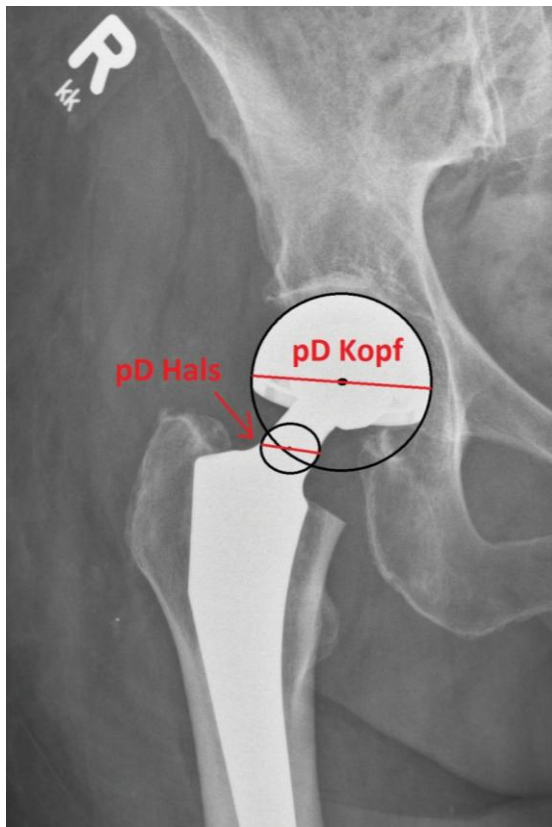


Abbildung 15: Durchmesser der Duokopfprothese (pD Kopf) und des Schenkelhalses (pD Hals)

### 5.3.2. CCD-Winkel

Zur Messung des CCD-Winkels wurde zuerst die Prothesenschaftachse bestimmt, indem 2 Kreise, einer unterhalb des Trochanter minor und einer in der Prothesenspitze mithilfe

des Kreiswerkzeugs in den Prothesenschaft gezeichnet wurden (Abb. 16). Die Gerade durch die beiden Kreismittelpunkte stellte dann die Prothesenschaftachse dar. Die Schenkelhalsachse wurde dementsprechend durch die Mittelpunkte der beiden Kreise im Schenkelhals bzw. dem Kreis für den maximalen Kopfdurchmesser gelegt. Der Winkel der beiden Achsen konnte mit dem Winkelmesser gemessen werden und entsprach dem CCD-Winkel.

Der CCD-Winkel ist altersabhängig und beträgt beim Erwachsenen normalerweise  $126^\circ$  (Coxa norma) [43, 153].

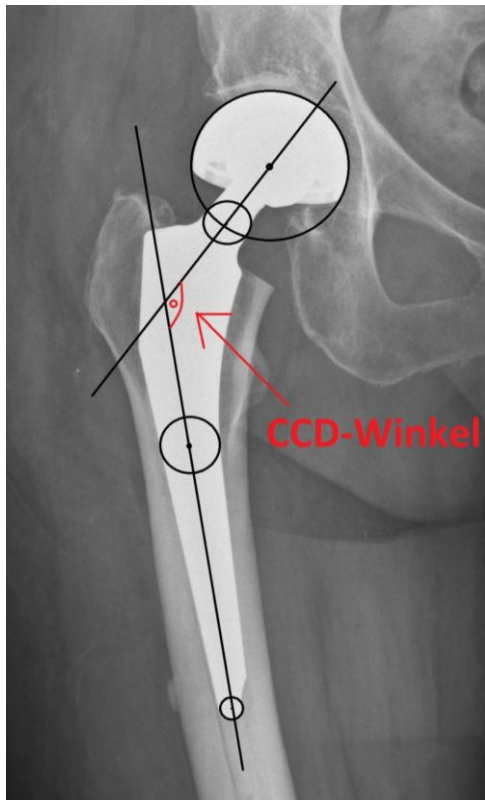


Abbildung 16: CCD-Winkel

### 5.3.3. Prothesenoffset

Zur Erfassung des Prothesenoffsets (PO) wurden erneut die Prothesenschaftachse und das Femurkopffzentrum benötigt (Abb. 17). Eine Orthogonale zur Schaftachse wurde durch das Femurkopffzentrum mittels Winkelwerkzeug gezogen. Die Strecke zwischen Schaftachse und Kreismittelpunkt des Femurkopfes wurde als PO gemessen.

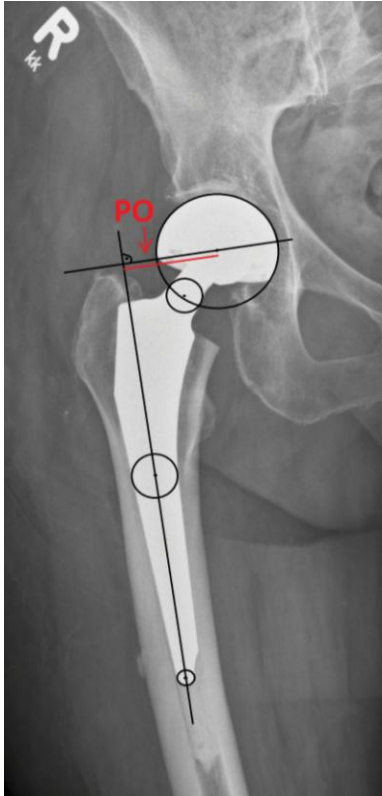


Abbildung 17: Prothesenoffset (PO)

#### 5.3.4. Halslänge der Prothese

Im nächsten Schritt wurde die Halslänge der Prothese bestimmt, indem eine Orthogonale zur Schenkelhalsachse durch den medialen Knick der Duokopfprothese gezogen wurde (Abb. 18). Anschließend wurde die Strecke auf der Schenkelhalsachse zwischen dieser Orthogonalen und des Femurkopfmittelpunktes gemessen.

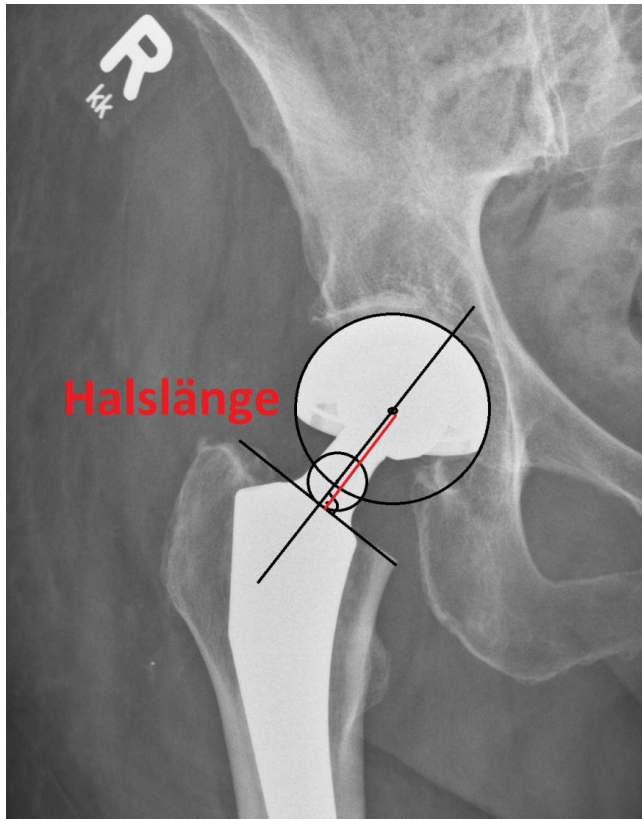


Abbildung 18: Halslänge der Prothese

### 5.3.5. Femorales Offset

Wichtigstes Maß in dieser Studie ist das femorale Offset (FO), welches ermittelt wird, indem eine Orthogonale zur Längsachse des Femurs durch das Drehzentrum des Femurkopfes gezogen und diese Strecke gemessen wird [110] (Abb. 19).

Normalerweise beträgt das FO bei einer gesunden Hüfte 41-44mm und ist wichtig für die Funktion der Hüftabduktoren [110]. Des Weiteren beeinflusst es das Bewegungsausmaß, das Gangbild und die postoperativen Schmerzen nach Implantation einer TEP [1]. Das FO charakterisiert das Gleichgewicht zwischen dem Körpergewicht und dem Widerstand der Hüftabduktoren. Dieses Gleichgewicht muss bei der Implantation einer TEP berücksichtigt werden [133]. Bei physiologischem FO verläuft die Kraftübertragung des Hüftgelenks durch den medialen femoralen Cortex. Verkleinert sich das FO, verschiebt sich die Kraftübertragung nach lateral. Dies führt zu einer Reduktion der Biegebelastung bei der Prothesenimplantation auf die Prothese und den Zement [91].

Eine Vergrößerung des FO auf 4 und 8 mm führt weiterhin zu einer Verbesserung der Flexion um  $21,1^\circ$  und  $26,7^\circ$  sowie der Innenrotation um  $13,7^\circ$  und  $21,2^\circ$  [120, 158].

Des Weiteren besteht eine Korrelation zwischen dem Radius der Beugung des Calcar femorale und des FO. Dabei führt ein großer medialer kortikaler Radius des Calcar, wie bei einem valgischen Femur, zu einem geringeren FO, und ein kleiner Radius, wie beim

varischen Femur, entsprechend zu einem größeren FO. Ein normal geformter Femur weist bei Männern tendenziell ein größeres FO auf als bei Frauen [74].

Das FO kann nach operativer Versorgung verringert sein, sodass die Gefahr eines Impingement besteht. Durch die größere Kraft, welche die Abduktoren dann benötigen, um das Becken zu stabilisieren, kann es zur Muskelschwäche mit positivem Trendelenburg-Zeichen kommen. Dies führt, wie im Abschnitt Prognose schon dargelegt, zu einem veränderten Gangbild [148]. Beeinflusst wird das FO nach Operation mit einer Endoprothese durch die Art des Implantats, den Durchmesser des Hüftkopfes und die Valgus- bzw. Varusstellung des Prothesenschafts im Femur [113].

In dieser Studie wurden zur Messung des FO die Femurachse und das Femurkopfzentrum benutzt. Zur Bestimmung der Femurachse wurden 2 Kreise in den Femurschaft eingezeichnet und die Gerade durch die Kreismittelpunkte entsprach der Femurachse. Zu dieser wurde eine Orthogonale durch das Femurkopfzentrum gelegt, sodass sich aus der Strecke auf der Orthogonalen zwischen der Femurachse und dem Femurkopfzentrum das FO ergab.

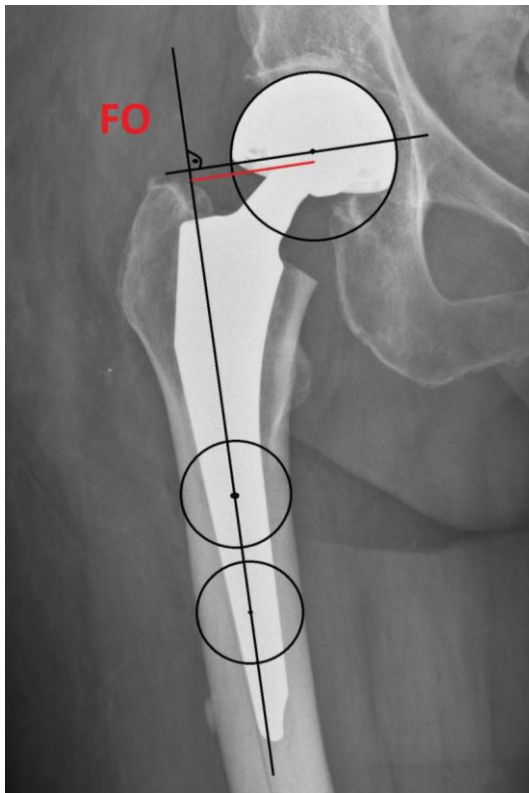


Abbildung 19: Femorales Offset (FO)

Bei der Messung des FO mittels konventioneller Röntgenbilder wird das tatsächliche Offset nicht korrekt wiedergegeben, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass das Bein bei der Aufnahme ganz gerade und nicht rotiert ist. Lecerf et al. fanden heraus, dass



bei der Messung das FO unterschätzt wird [110], sodass eine Methode gefunden werden musste, um diesen Rotationsfehler zu korrigieren. Diese wird im Abschnitt Rotationskorrektur erklärt. Daneben wird empfohlen, bei arthrotischen Hüften die antero-posterioren Röntgenbilder sowohl des Beckens als auch der Hüfte in 20° Innenrotation der Hüfte durchzuführen. Der Grund dafür ist, dass arthrotische Hüften häufig eine Außenrotationsdeformität aufweisen und deshalb das FO unterschätzt wird [9]. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung des FO ist die Verwendung des EOS-Systems, das aus anterior-posterioren- und lateralen Aufnahmen 3D-Rekonstruktionen erstellen kann. Der Vorteil gegenüber der Messung des FO mittels CT ist die geringere Strahlenbelastung und im Vergleich mit den 2D-Messungen adäquatere Ergebnisse [109].

### 5.3.6. Globales Offset

Das globale Offset (GO) bestimmt die Aktivitätsachse der Hüftabduktoren [110] und wird in Studien uneinheitlich gemessen.

Haimerl et al. beschreiben das GO als Strecke zwischen der inferioren Grenze der Köhlerschen Tränenfigur und der Femurschaftachse entlang der Linie zwischen den Tränenfiguren [77]. Bei Terrier et al. stellt das GO dagegen die Summe aus dem acetabulären und femoralen Offset dar, wobei das acetabuläre Offset (AO) die Strecke zwischen dem Drehzentrum des Femurkopfs und der sagittalen Beckenebene darstellt (Abb. 20) [171].

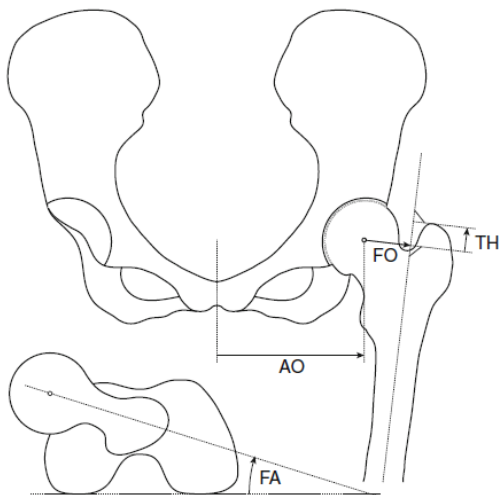


Abbildung 20: Globales Offset (aus Terrier et al.): Summe aus acetabulärem Offset (AO) und femoralem Offset (FO)

Mahmood et al. bestimmen zunächst das FO (in Abb. 21 mit A1 bezeichnet) und anschließend eine Strecke zwischen dem Femurkopfbereich und einer Orthogonalen,

welche durch den medialen Rand der Köhlerschen Tränenfigur zieht (B1 in Abb. 21). Die Summe der beiden Teilstrecken stellt das GO dar [115].

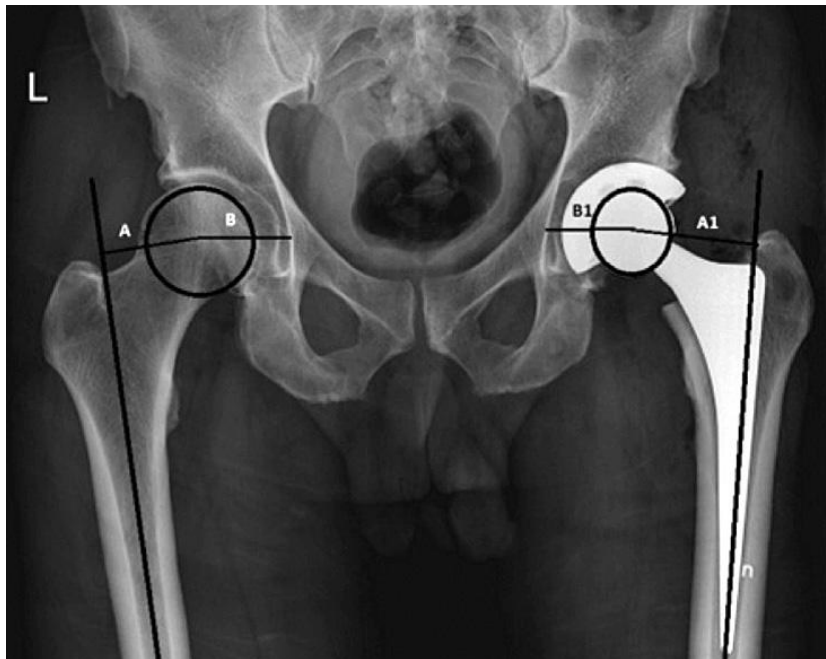


Abbildung 21: Globales Offset (Mahmood et al.): Summe aus A1 + B1

In dieser Studie wurde das GO wie folgt ermittelt: Zuerst wurde zur Femurschaftachse eine Orthogonale zur Köhler-Tränenfigur gezogen (Abb. 22). Die Köhler-Tränenfigur ist eine Kennlinie im Röntgenbild des Hüftgelenks, die von mehreren Strukturen gebildet wird. Lateral wird sie durch den medialen Anteil der Hüftpfanne und medial durch den anterioinferioren Anteil der Lamina quadrilateralis gebildet. Diese ist die Rückwand des Acetabulums, die der Beckenrichtung nach innen zugewandt ist und annähernd eine viereckige ebene Fläche darstellt [183]. Auf dieser Orthogonalen wurde das GO aus 2 Teilstrecken ermittelt. Die eine Teilstrecke (GO1) wird von der Femurschaftachse und der Orthogonalen zur Orthogonalen zwischen Femurschaftachse und Köhler-Tränenfigur durch das Femurzentrum gemessen. Die andere Teilstrecke (GO2) wird zwischen der Orthogonalen durch das Femurzentrum und der Köhler-Tränenfigur ermittelt. Grund für die Aufteilung der Berechnung des GO in 2 Teilstrecken ist die Überlegung, dass die Strecke zwischen der Köhler-Tränenfigur und dem Femurkopfbereich keinen rotationsbedingten Abbildungsfehler im Röntgenbild hat und somit keine Rotationskorrektur benötigt.

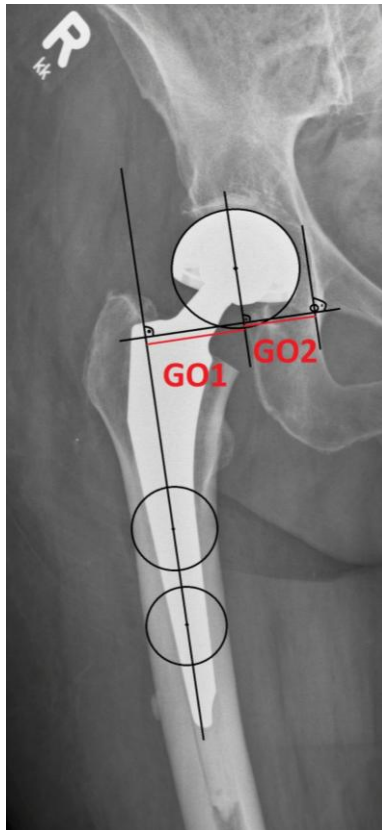


Abbildung 22: Globales Offset (GO)

### 5.3.7. Höhe des Hüftzentrums

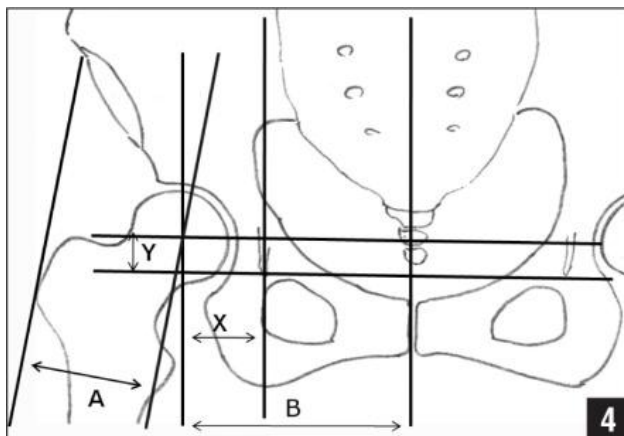


Abbildung 23: height of hip center (Y)

Die Höhe des Hüftzentrums (HH= *height of hip center*) bestimmt die Spannung der Abduktoren des Hüftgelenks [34] (Abb 23).

Sie wurde berechnet, indem eine Orthogonale durch das Femurkopfzentrum zu der Geraden gebildet wurde, die orthogonal zur Femurschaftachse zum inferioren Teil der Köhler-Tränenfigur gezogen wurde (Abb. 24). Die Strecke zwischen dieser Geraden und dem Femurkopfzentrum wird als Höhe des Hüftzentrums (HH) bezeichnet.

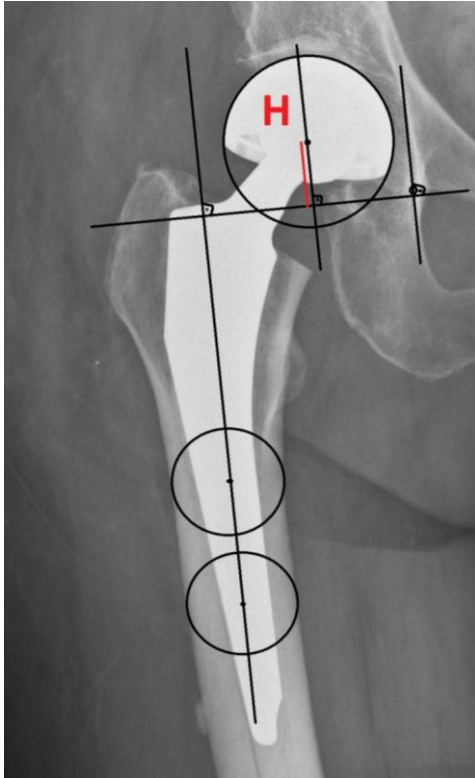


Abbildung 24: Höhe des Hüftzentrums (HH)

### 5.3.8. Hebelarm der Abduktoren

Als letzte radiologische Größe wurde der Hebelarm der Abduktoren ( $ALA = Abductor\ Lever\ Arm$ ) bestimmt, dessen Größe von der Länge und der Stellung des Schenkelhalses abhängig ist (Abb. 25). Er wurde gemessen, indem eine Orthogonale zu der Geraden von der Spina iliaca anterior superior und des Trochanter major durch das Femurkopfzentrum gebildet wurde.



Abbildung 25: Hebelarm der Abduktoren (ALA)

#### 5.4. Rotationskorrektur

Um die Genauigkeit der gemessenen Werte zu erhöhen, wurde zunächst ein Kalibrierungsfaktor (CF) ermittelt. Hierfür wurde als Referenz der Kopfdurchmesser der Duokopfprothese verwendet, da dieser Wert aus den Operationsberichten bekannt und zusätzlich einfach zu messen war:

$$CF = pD \text{ Kopf} / pD \text{ Kopf}_P$$

CF = Kalibrierungsfaktor

pD Kopf = tatsächlicher Kopfdurchmesser der Duokopfprothese

pD Kopf<sub>P</sub> = gemessener Kopfdurchmesser der Duokopfprothese

Mit diesem Kalibrierungsfaktor wurden dann alle Werte des jeweiligen Patienten kalibriert:

$$FO_K = FO_P * CF$$

FO<sub>K</sub> = tatsächlicher Wert des femoralen Offset = kalibriertes Offset

$FO_p$  = gemessenes femorales Offset

Zusätzlich wurden das GO und das FO anhand einer Gleichung, die von Lechler et al. entwickelt wurde [111], rotationskorrigiert. Dies ist notwendig, da die Hüftrotation auf dem Röntgenbild einen Einfluss auf die Messung des FO und somit auf die Studienergebnisse hat. Die ermittelte Gleichung wurde anhand 222 anterior-posteriorer Röntgenbilder bei Patienten, die mit einem proximalen Femurnagel versorgt wurden, getestet und an 25 CT-Bildern aus demselben Patientenkollektiv validiert.

Wie im vorangehenden Text schon erwähnt, wird das FO auf Röntgenbildern tendenziell unterschätzt, was folgende Abbildung deutlich macht:

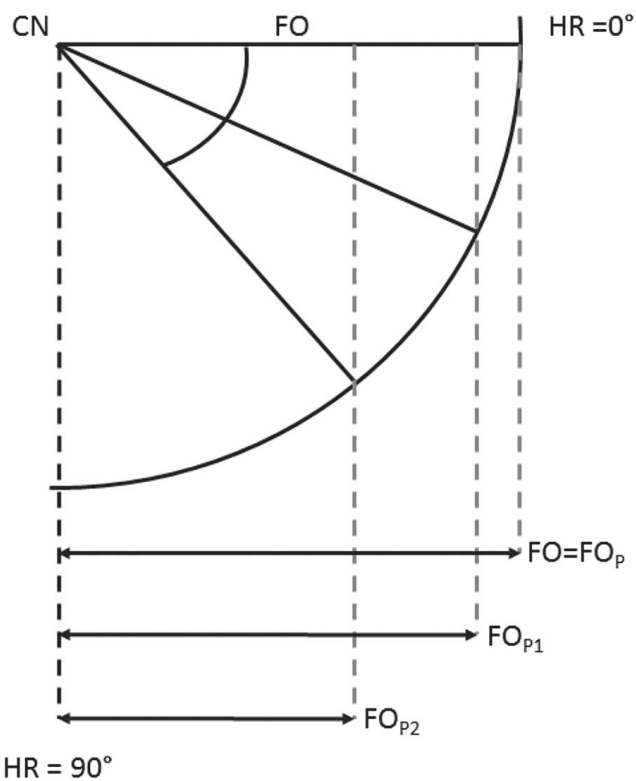


Abbildung 26: Abhängigkeit des femoralen Offsets (FO) von der Hüftrotation (HR) (CN = Center of femoral nail)

Es zeigt sich, dass das FO, ausgehend vom Zentrum des Femurnagels, kürzer gemessen wird, je stärker die Hüftrotation ist. Gleichzeitig veranschaulicht die Grafik, dass das FO als Cosinus-Funktion der Hüftrotation beschrieben werden kann, da  $\cos = \text{Ankathete/Hypothenuse}$  (Abb. 27):

$$FO = FO_p / \cos(HR).$$

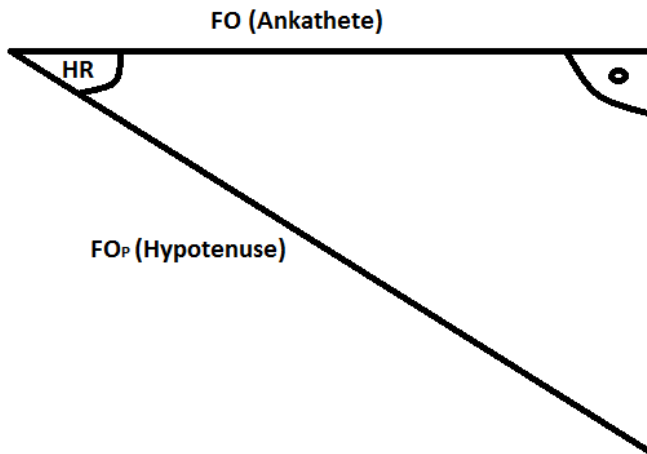


Abbildung 27: Graphische Darstellung der Gleichung  $FO = FO_P / \cos(HR)$

Liegt nun eine verstärkte Hüftrotation vor, vergrößert sich der gemessene CCD-Winkel, was folgende Abbildung verdeutlicht:

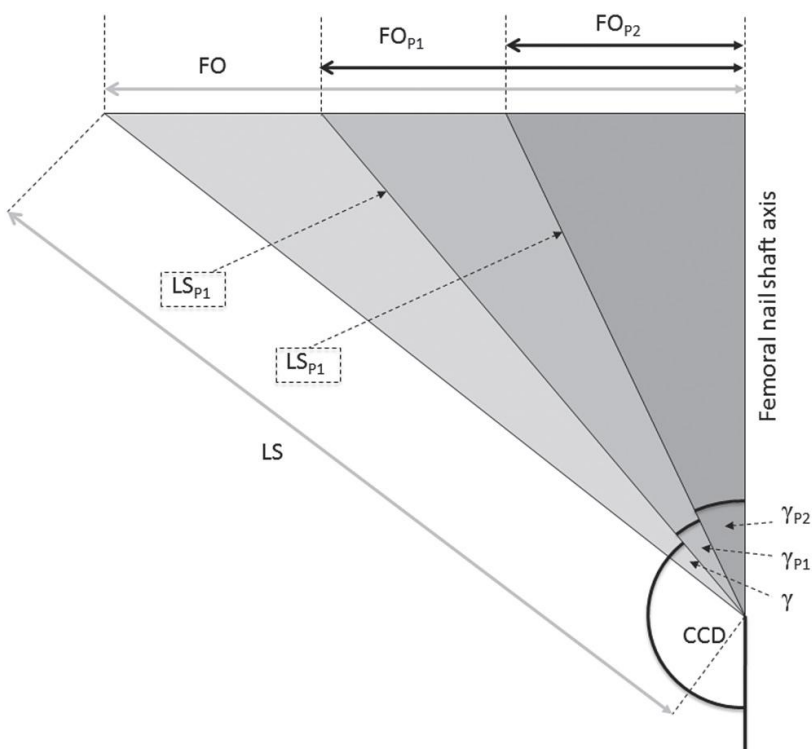


Abbildung 28: Graphische Darstellung der Abhängigkeit des CCD-Winkels von der Hüftrotation

Der Winkel  $\gamma$  beschreibt den  $\gamma$ -Winkel des eingesetzten Implantats ( $\gamma_I$ ), welcher durch die Angaben des Herstellers bzw. dessen CCD-Winkel bekannt ist:  $\gamma = 180^\circ - \text{CCD}$ . Da sowohl der wahre CCD-Winkel als auch der wahre  $\gamma$ -Winkel des Implantats bekannt sind,

kann das Rotationsausmaß errechnet werden, indem der projizierte  $\gamma$ -Winkel ( $\gamma_p$ ) gemessen wird.

Um nun die Hüftrotation ausrechnen zu können, verwendet man die Cosinus-Funktion, welche die Abhängigkeit der Hüftrotation, der projizierten Winkel und der Seitenlängen des Dreiecks wie oben schon angedeutet beschreibt:

$$HR = \arcsin (\tan (\gamma_p) / \tan (\gamma_I))$$

Der Rotationskorrekturfaktor (RCF), der benötigt wird, um die gemessenen Werte zu korrigieren, ist unabhängig vom CCD-Winkel des Implantates und wird anhand der Tangens-Funktion wie folgt definiert:

$$RCF = (\tan (\gamma_I) / \tan (\gamma_p))$$

Das rotationskorrigierte Offset ( $FO_{RC}$ ) kann schließlich mit folgender Formel berechnet werden:

$$FO_{RC} = FO_p * RCF * CF [111]$$

Um den Wert des FO zusätzlich um die Patientengröße und die individuellen Hüftparameter zu bereinigen, wurde das relative FO ( $FO_{RL}$ ) berechnet. Dazu wurde der Quotient aus dem  $FO_{RC}$  und dem tatsächlichen Kopfdurchmesser der Duokopfprothese (pD Kopf) gebildet:

$$FO_{RL} = FO_{RC} / pD \text{ Kopf}$$

## 5.5. Funktionstests

Patienten mit hüftgelenksnahen Frakturen stellen oftmals eine Herausforderung für die behandelnden Ärzte aufgrund ihrer Komorbiditäten dar. Normalerweise wird der Fokus bei der Beurteilung des postoperativen Ergebnisses auf die Mortalitätsrate und das chirurgische Implantationsergebnis gelegt. Zunehmend häufiger werden weitere Aspekte bezüglich des *Outcomes* untersucht, sodass mehr Skalen verwendet werden, die sich in 5 Kategorien einteilen lassen [85]:

- Allgemeine Lebensqualität (*general Quality of Life measures = QoL*), gemessen z.B. mit dem SF-36 und SF-12 Fragebogen



- Aktivitäten des täglichen Lebens (*Activities of Daily Living scales = ADL*), gemessen z.B. mit dem Barthel-Index und dem *ADL* nach Katz, der eng verwandt ist mit dem in dieser Studie verwendeten *IADL*
- Mobilität und physische Leistungsfähigkeit (*mobility and physical performance scales*), gemessen z.B. mit dem *TUG*, der auch in dieser Studie genutzt wurde
- Krankheitsspezifische Funktionstests, gemessen z.B. mit dem *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)*
- Hüft-spezifische Funktionstests, z.B. der in dieser Studie verwendete *HHS* sowie der *Oxford Hip Score (OHS)* und *Charnley Hip Score (CHS)*

Manche Fragebögen konzentrieren sich auf das subjektive Befinden des Patienten, während andere auch eine körperliche Untersuchung mit einbeziehen [92]. Zusätzlich gibt es körperliche Leistungsmessungen, bei denen ein Patient eine bestimmte Aufgabe unter standardisierten Bedingungen ausführen soll. Dazu gehören der *TUG*, der 2-Minuten Gehstest (*2MWT = two-Minute Walk Test*) und ein Test zur funktionellen Reichweite (*functional reach*) [19].

Ein guter Fragebogen sollte weitestgehend unabhängig von Störfaktoren sein und dabei den zu untersuchenden Parameter, in diesem Fall das operierte Hüftgelenk, so präzise wie möglich darstellen [92]. Zudem sollte der Fragebogen inhaltlich für die Fragestellung passend und die Methodik sowie die klinische Anwendbarkeit sollten angemessen sein [85].

Zur Ermittlung des klinischen Ergebnisses in dieser Studie wurden die Patienten 12 Monate postoperativ entweder in der Ambulanz des Universitätsklinikums Marburg oder zuhause untersucht.

Als primärer Endpunkt für die Ermittlung der funktionellen Beweglichkeit wurden der *Harris Hip Score (HHS)* und als sekundäre Endpunkte der *Timed Up and Go (TUG)* Test und der *Instrumental Activities of Daily Living (IADL)* Score verwendet.

### **5.5.1. Harris Hip Score**

Von der Vielzahl an vorhandenen Fragebögen wurde für diese Studie der *Harris Hip Score (HHS)* ausgewählt, der im Folgenden vorgestellt wird (s. Anhang).

Der erstmalig 1969 publizierte *HHS* wurde von William H. Harris entwickelt, um die Ergebnisse nach einer Hüftoperation zu validieren [78].

Er gehört zu einem der häufigsten angewendeten Scores zur Evaluierung von Hüftgelenken [92] und umfasst die Dimensionen Schmerz, Aktivitäten des täglichen Lebens, Gehfähigkeit, Deformitäten sowie Mobilität [42]. Zur Quantifizierung des Schmerzes werden dessen Stärke sowie der Effekt auf tägliche Aktivitäten und die

Einnahme von Analgetika erfragt. Zu den Aktivitäten des täglichen Lebens gehören im Fragebogen die Benutzung von Treppen und öffentlichen Verkehrsmitteln, Sitzen und das Anziehen von Schuhen und Socken. Bei der Frage nach Deformitäten werden die Hüftflexion, Adduktion, Innenrotation und Beinlängenunterschiede untersucht. Zur Hüftmobilität zählen die Flexion, Ab- und Adduktion sowie die Außen- und Innenrotation [130].

Die Erhebung des Fragebogens sollte durch einen Arzt oder Physiotherapeuten durchgeführt werden, wobei der Zeitaufwand bei einem erfahrenen Untersucher gering ist und ca. 5min beträgt [130].

Es können maximal 100 Punkte erreicht werden, wobei in der Kategorie Schmerz 44 Punkte, bei den Aktivitäten des täglichen Lebens und der Gehfähigkeit 47 Punkte, in der Kategorie Mobilität 5 Punkte sowie in der Kategorie Deformität wiederum maximal 5 Punkte vergeben werden können. Ein Ergebnis unter 70 Punkten wird als schlecht angesehen [130].

Der Score wird in verschiedenen Ländern angewendet, z.B. in Schweden, den Niederlanden sowie in Dänemark [130] und auch in immer mehr länderspezifischen Versionen validiert, z.B. auf Türkisch [27] und Italienisch [35], nicht jedoch auf Deutsch. Ein großer Nachteil des *HHS* ist der sogenannte „*ceiling effect*“ oder „Deckeneffekt“, d.h. dass viele Patienten das bestmögliche Ergebnis erreichen bzw. allgemein ausgedrückt, dass eine Häufung der Ergebnisse am oberen Ende der Skala stattfindet. Im Gegensatz dazu steht der *floor effect* bzw. „Bodeneffekt“, bei dem viele Patienten das niedrigste Ergebnis erreichen [53]. Dieser *ceiling effect* vermindert die inhaltliche Validität des Fragebogens. So kann ein 75jähriger Patient, der 2 Stunden am Stück gehen kann, denselben *HHS*-Score erreichen wie ein 45jähriger Marathonläufer [184].

### **5.5.2. Timed Up and Go Test**

Der *Timed Up and Go Test (TUG)* ist weit verbreitet und wird v.a. in der Geriatrie benutzt. Er wurde von Podsiadlo und Richardson entwickelt, um die Mobilität bei alten gebrechlichen Personen zu evaluieren [5]. Der Test selbst stellt eine modifizierte Version des *Get-Up and Go Tests* von Mathias aus dem Jahr 1986 dar [119], der die Balancefähigkeit älterer Patienten untersuchte. Der *Get-up and Go Test* beinhaltet denselben Handlungsablauf wie der *TUG* nur ohne Zeitmessung [135]. Der *TUG* ist u.a. ein früher Prognosefaktor bei der Beurteilung des funktionellen Ergebnisses nach Versorgung einer Schenkelhalsfraktur mit einer Hemiendoprothese [104]. Er wird aber auch bei anderen Fraktur- und Versorgungsarten sowie bei Rückenmarksverletzungen [180] eingesetzt.

Bei der Erfassung der *TUG*-Zeit sitzt der Patient den Oberkörper an den Stuhl gelehnt und die Arme auf der Stuhllehne ruhend. Er darf gegebenenfalls ein Hilfsmittel, wie z.B. eine Unterarmgehstütze, für den Test benutzen. Der Untersucher darf dem Patienten zu keinem Zeitpunkt helfen. Auf Kommando soll sich der Patient auf einer geraden Linie 3 Meter vom Stuhl entfernen, umdrehen und wieder zum Stuhl zurückkehren. Wenn er die Ausgangsposition erreicht hat, wird die benötigte Zeit notiert. Einmaliges Ausprobieren des Tests durch den Patienten beziehungsweise einmaliges Vormachen durch den Untersucher ist erlaubt.

Braucht der Patient weniger als 10 Sekunden für den Bewegungsablauf, ist er in seiner alltäglichen Mobilität nicht eingeschränkt; benötigt er 11-19 Sekunden, weist er eine Mobilitätseinschränkung ohne funktionelle Auswirkungen auf. Bei einer Zeit zwischen 20 und 29 Sekunden liegt eine Mobilitätseinschränkung vor, die funktionelle Auswirkungen haben kann. Liegt die benötigte Zeit über 30 Sekunden besteht eine ausgeprägte Einschränkung der Mobilität, sodass eine intensive Betreuung und Versorgung mit Hilfsmitteln erforderlich sind [36].

In der Akutversorgung liegt die Bedeutung des *TUG* jedoch mehr in der Tatsache, dass der Test vom Patienten nicht durchgeführt werden kann, sowie in den Gründen hierfür, und nicht so sehr in der tatsächlich benötigten Zeit [107].

Nygard et al. evaluierten in ihrer Studie den *TUG* in Bezug auf die Erhebung der postoperativen Funktion und den Vorhersagewert im Hinblick auf die Mobilität von Patienten mit einer Hüftfraktur. Dabei zeigte sich, dass ein früher postoperativer *TUG*-Test nach einer Hüftfraktur bei der Mehrzahl der Patienten nicht geeignet war, um die physische Funktion zu messen. Zusätzlich waren die Sensitivität und Spezifität nicht hoch genug, um die zukünftige Mobilität der Patienten vorherzusagen [131]. Die Sensitivität beschreibt die richtig positiv Rate eines Tests, d.h. den Personenanteil mit positivem Testergebnis und tatsächlicher Erkrankung. Die Spezifität, also die richtig-negativ Rate eines Tests, beschreibt den Personenanteil mit negativem Testergebnis, die damit auch als korrekt nicht-erkrankt identifiziert werden [40].

Ein Vorteil des *TUG* ist die hohe relative Interrater-Reliabilität, d.h. dass 2 verschiedene Untersucher zum selben Ergebnis kommen [100]. Zudem ist der *TUG* ein valides Messinstrument für das postoperative Ergebnis bei älteren Patienten in der geriatrischen Rehabilitation [19]. Die Validität beschreibt das Maß, in dem eine Vorgehensweise bzw. ein Test geeignet ist, das zu messen, was zu messen geplant war. Dabei ist sie primär durch das Vorhandensein von *Bias* gefährdet, d.h. systematischen Fehlern. Dadurch ergibt sich eine Tendenz zur systematischen Abweichung der Ergebnisse in eine bestimmte Richtung weg von den wahren Werten [40].

Auch bei der Erhebung der Gehfähigkeit bei Patienten mit Rückenmarksverletzungen ist der *TUG* valide und zuverlässig [180].

### **5.5.3. Instrumental Activities of Daily Living**

Als weiterer Funktionstest wurde der *Lawton Instrumental Activities of Daily Living (IADL)* - Fragebogen in dieser Studie verwendet, der 8 Fragen zu alltäglichen Tätigkeiten beinhaltet. Dazu gehören die Fähigkeit zu telefonieren, einzukaufen, zu kochen, Wäsche zu waschen, den Haushalt zu führen, die Verantwortung für die eigene Medikation und die Finanzen zu übernehmen sowie die Mobilität der Patienten [108] (s. Anhang). Für jede Tätigkeit, die ein Patient allein, also unabhängig, durchführen kann, wird 1 Punkt vergeben. Insgesamt können 8 Punkte erreicht werden, was für eine große Unabhängigkeit sprechen würde [181, 182].

Der Fragebogen wurde von Lawton et. al im Jahr 1969 konzipiert, um ältere Patienten besser in ihrer Selbstständigkeit und ihren täglichen Aktivitäten zu evaluieren [108]. Er wird als geriatrischer Fragebogen u.a. bei älteren Krebspatienten verwendet [141]. Dabei ist der *IADL*-Score ein schlechter Parameter zur Identifizierung von Patienten, die eine funktionelle Verschlechterung oder eine Verminderung der Lebensqualität innerhalb eines Jahres erfahren werden, unabhängig von einer eventuell vorliegenden Krebserkrankung. Die Studienautoren postulierten, dass ein geriatrischer Screening-Fragebogen daher isoliert betrachtet nicht nützlich ist, trotzdem jedoch wichtige Informationen liefern würde. Diese Studienergebnisse müssten allerdings noch bekräftigt werden [32].

Eine Studie zur Validierung des *IADL*-Scores auf Spanisch zeigte eine exzellente Reliabilität und Validität bei moderater Sensitivität für Veränderungen nicht nur für die spanische Version, sondern auch für den ursprünglichen Fragebogen [181]. Die Reliabilität gibt an, wie zuverlässig ein Fragebogen bzw. wie hoch die Messgenauigkeit eines Verfahrens ist. Das bedeutet, dass bei hoher Reliabilität bei einer Wiederholung der Messung unter gleichen Bedingungen das gleiche Ergebnis erzielt wird [40].

### **5.5.4. Barthel-Index**

Der Barthel-Index (BI) wurde von Dorothea Barthel konstruiert und 1965 von Mahoney und Barthel veröffentlicht. Ursprünglich sollte er zur Beurteilung des funktionellen Status von Patienten mit neuromuskulären und muskuloskelettalen Erkrankungen eingesetzt werden [116, 128, 129]. Mittlerweile wird der BI zur Messung der Patientenunabhängigkeit [128] in vielen Bereichen der Medizin, wie z.B. in der Geriatrie,

eingesetzt [41]. In dieser Studie wurde er in der statistischen Analyse als Störfaktor (*Confounder*) für die multivariate Analyse angewendet.

Der BI beinhaltet insgesamt 10 Fragen aus den Bereichen Nahrungsaufnahme, Transfer, Körperpflege, Ankleiden und Baden. Des Weiteren wird die Unabhängigkeit bezüglich der Mobilität, der Treppennutzung, dem Anziehen von Kleidung sowie Stuhl- und Harnkontrolle abgeklärt [33, 159] (s. Anhang). In diesen 10 Aktivitätskategorien können die Patienten je nach Bedeutung der Frage 0, 5, 10 oder 15 Punkte erreichen [159]. Die Gesamtpunktzahl von 100 Punkten spricht für eine uneingeschränkte Funktion, wobei niedrigere Ergebnisse auf eine größere Abhängigkeit hinweisen [128, 159]. Die Ergebnisse der einzelnen Gesichtspunkte des Fragebogens sind dabei signifikanter als die Gesamtpunktzahl, da die Einzelwertungen spezifische Defizite aufdecken [128]. Die Fragen können sowohl direkt persönlich als auch telefonisch oder postalisch gestellt werden. Mit Ausnahme einer kleinen Patientengruppe kann der BI telefonisch mit zufriedenstellender Reliabilität sowohl von Laien als auch Mitarbeitern im Gesundheitswesen erhoben werden. Patienten mit moderaten bis schweren Einschränkungen unterschätzen bei einer telefonischen Befragung ihre Abhängigkeit, sodass in dieser Patientengruppe Diskrepanzen zwischen der telefonischen und persönlichen Erhebung des BI zustande kommen [98]. Selbst das Befragen einer dem Patienten vertrauten Person wie die zuständige Krankenschwester oder ein nahestehender Verwandter ergibt ein zuverlässiges Ergebnis, was zu einer Zeitersparnis führt [29]. In Deutschland wird der Test v.a. vom Medizinischen Dienst der Krankenkassen verwendet [191].

Diverse Studien untermauern die Einsetzbarkeit des BI als Instrument der Selbst- und Fremdbeurteilung [191].

Zur Evaluierung der Lebensqualität von Patienten nach Hüftfraktur ist der BI ein guter Fragebogen für das funktionelle Ergebnis in Bezug auf die Konstruktvalidität [177]. Des Weiteren ist er, präoperativ erhoben, der beste Prognosefaktor für das Aktivitätsausmaß der Patienten bis zu einem Jahr posttraumatisch [159].

In einer Studie von Prestmo et al. wurde untersucht, welche Patienten nach einer Hüftfraktur am meisten von einer umfassenden geriatrischen Nachbehandlung profitieren. Die geriatrische Nachbehandlung hatte dabei einen positiven Effekt auf den BI v.a. bei Patienten unter 80 Jahren, intrakapsulären Frakturen und bei Patienten mit einem verminderten prätraumatischen funktionellen Aktivitätsniveau [136].

Der BI wird häufig im Bereich der neurologischen Rehabilitation angewandt, wobei er nicht zur initialen Einschätzung der Schwere eines Schlaganfalls eingesetzt werden kann. Grund dafür ist die Bettruhe, die von den meisten Patienten in den ersten Stunden nach dem Ereignis eingehalten werden muss. Bei Schlaganfallpatienten in der akuten

Rehabilitationsphase ist er 3 Wochen nach dem akuten Ereignis jedoch ein verlässlicher Parameter für die Vorhersage der Invalidität nach 6 Monaten [128]. Während der Rehabilitationsphase erscheint eine Gesamtpunktzahl von 60 ausschlaggebend für den Übergang von der Abhängigkeit des Patienten hin zu einer assistierten Unabhängigkeit. Patienten, die zu Rehabilitationsbeginn eine Punktzahl über 60 aufweisen, haben zusätzlich einen kürzeren Rehabilitationsaufenthalt. Unter 40 Punkten sind alle Patienten bezüglich der Mobilität auf Hilfe angewiesen und weniger als 50% der Patienten sind in den grundlegenden Fähigkeiten, wie Essen und Körperpflege, selbstständig [66]. Patienten mit einem höheren BI nach Entlassung leben eher wieder in ihrer Gemeinde, sind mit ihrem Leben zufriedener, pflegen mehr persönliche Kontakte und sind aktiver im Gemeindeleben [67].

Insgesamt kann der BI zur Beurteilung der basalen Alltagsaktivitäten empfohlen werden, da er zu den schon oben genannten Vorteilen wenig Zeit in Anspruch nimmt und eine niedrige Interobserver-Variabilität aufweist [129]. Letzteres bedeutet, dass die Ergebnisse keinen Schwankungen ausgesetzt sind, auch nicht, wenn mehrere Personen den Fragebogen erheben [40]. Eine wiederholte Evaluation während einer Rehabilitation zum Verlauf und zur Kontrolle des Patientenfortschritts ist daher problemlos möglich [129].

#### 5.5.5. ASA-Klassifikation

Die weit verbreitete Klassifikation der *American Society of Anaesthesiologists (ASA) of Physical Health* wird zur präoperativen Quantifizierung der physiologischen Reserve eines Patienten benutzt und wird regelmäßig in vielen Studien angewandt [31, 55].

Die 1. Version einer Klassifikation für den körperlichen Status von Patienten, die sich einer Operation unterziehen, wurde 1941 von der „*American Society of Anesthetists*“, später umbenannt in die „*American Society of Anesthesiologists*“ (ASA), veröffentlicht. Sie umfasste folgende 7 Kategorien, wobei die 7. zu einem späteren Zeitpunkt der bestehenden Klassifikation zugefügt wurde [55]:

##### ASA classification version 1 (1941)

- Class 1: no systemic disturbance
- Class 2: moderate and definite systemic disturbance either pre-existing or caused by the condition that is to be treated by surgical intervention
- Class 3: severe systemic disturbance
- Class 4: extreme systemic disorders [that are] an eminent threat to life regardless of the type of treatment
- Class 5: emergency surgery in patients that would otherwise be graded as class 1

or 2

- Class 6: emergency surgery in patients that would otherwise be graded as class 3 or 4

- Class 7: a moribund patient not expected to survive 24 hours with or without an operation

Die aktuell verwendete ASA-Klassifikation wurde von Dripps et al. 1961 vorgestellt [45] und 1962 von der ASA übernommen. Dabei wurden die Klassen 1 bis -4 beibehalten und die Notfallklassen 5 und 6 durch den Gebrauch des Präfix „E“ ersetzt. 1980 wurde die Klasse 6 hinzugefügt, um hirntote Organspender mit einzuschließen [55].

Die aktuellste Version der ASA-Klassifikation wurde zuletzt 2014 in den USA veröffentlicht (s. Anhang).

Problematisch bei der ASA-Klassifikation ist die Interobserver-Variabilität, da die Einschätzung eines Patienten allein vom Urteil des behandelnden Anästhesisten abhängt [55]. Dabei bezeichnet die Interobserver-Variabilität die Schwankungen der Ergebnisse, wenn mehrere Personen denselben Test durchführen bzw. denselben Untersuchungsgegenstand messen [40].

Harrison et al. untersuchten den Effekt der ASA-Klassifikation auf die Hospitalisierungszeit bei isolierten orthopädischen Frakturen. Dabei war die Klassifikation ein starker Prädiktor für die stationäre Liegedauer und die stationären Kosten für die isoliert betrachteten orthopädischen Prozeduren der Patienten [95]. Zur selben Schlussfolgerung gelangten Garcia et al., die verschiedene Faktoren untersuchten, die Einfluss auf die Hospitalisierungszeit und Krankenhauskosten bei älteren Patienten mit Hüftfrakturen haben könnten. Für jede Steigerung der ASA-Klasse um 1 verlängerte sich der stationäre Aufenthalt um 2 Tage, was bei täglichen Krankenhauskosten von 4530\$ eine Kostensteigerung von 9300\$ pro ASA-Klassenerhöhung ergab [60].

Sathiyakumar et al. zeigten, dass die ASA-Klassifikation zusätzlich ein starker Prädiktor für die 30-Tage-Rehospitalisation von Patienten mit bestimmten orthopädischen Prozeduren darstellt. Des Weiteren weisen sie darauf hin, dass die Klassifikation universell erhoben wird und deshalb in fast jedem Krankenhaussystem und für jede Operation genutzt werden kann. Die Studie zeigte auch, dass die Korrelation zwischen ASA-Klassifikation und Rehospitalisation zusätzlich einer multivariaten Analyse mit einer Vielzahl an Risikofaktoren für eine Rehospitalisation standhält [149].

Gleichzeitig ist der ASA-Score mit dem Infektionsrisiko des OP-Gebietes bei TEP und HEP sowie bei Revisionsoperationen bei TEPs assoziiert. In einer multivariaten Analyse wurde der ASA-Score neben dem Alter, dem Trauma und der Operationsdauer zudem als signifikanter, unabhängiger Risikofaktor für eine Infektion des Operationsgebietes

detektiert. Insbesondere ein ASA-Score von 3 oder mehr erhöhte das Risiko für eine Infektion signifikant bei Patienten, die mit einer HEP versorgt wurden [140].

#### **5.5.6. Mini-Mental State Examination**

Der Mini-Mental State Test (MMST) bzw. die Mini-Mental State Examination (MMSE) (s. Anhang) wurde von Folstein et al. 1973 formuliert und beinhaltet 11 Fragen [57].

Wichtig war den Autoren, dass der Test nur eines geringen Zeitaufwandes von 5-10min bedarf und deshalb häufig angewendet wird. Die Bezeichnung „mini“ entstand, da sich der Test auf die kognitiven Aspekte der mentalen Funktionen konzentriert und Fragen über die Stimmung des Patienten ausschließt. Der Test selbst kann in 5 Kategorien eingeteilt werden, wobei maximal 30 Punkte erreicht werden können:

- Orientierung
- Merkfähigkeit
- Aufmerksamkeit und Rechenfähigkeit
- Erinnerungsfähigkeit
- Sprache

Der Untersucher, z.B. der Arzt oder eine Krankenschwester, soll versuchen, eine angenehme Atmosphäre während des Tests zu schaffen und den Patienten nicht unter Druck zu setzen [57].

Die Reliabilität und die Konstruktvalidität sind zufriedenstellend. Die Kriteriumsvalidität ist hochsensibel für moderate bis schwere kognitive Einschränkungen und weniger sensibel für leichte kognitive Einschränkungen. Der Test ist nicht geeignet, um leichte Sprachdefizite zu detektieren, sehr wohl jedoch zum Einsatz als kurzer Screeningtest, um den Schweregrad einer kognitiven Dysfunktion zu evaluieren [172].

Dabei ist zu beachten, dass das Ergebnis des MMST vom Alter, Bildungsgrad und dem Geschlecht beeinflusst wird [71].

Ein schlechtes Ergebnis im MMST spricht für eine kognitive Beeinträchtigung, was wiederum mit einer erhöhten Sturzrate bei älteren Menschen assoziiert ist [3, 65, 176].

#### **5.6. Statistik**

Die deskriptive Analyse wurde anhand der maximalen und minimalen Werte, der absoluten Mittelwerte, der Standardabweichungen und der Mediane durchgeführt. Dabei wurden folgende Definitionen verwendet:

- Mittelwert =  $\bar{x} = \sum x/n$ , wobei das Symbol „ $\sum$ “ für die Summe der Summanden „ $x$ “ steht und „ $n$ “ für die Anzahl der Werte



- Standardabweichung =  $\sqrt{\text{Varianz}}$ , wobei die Varianz den Quotienten aus der Summe aller quadrierten Abweichungen vom Mittelwert durch die Anzahl der Werte minus 1 darstellt =  $\sum (x - \bar{x})^2 / n - 1$  [179]
- Median = Wert, der bei der gesuchten Messgröße am häufigsten erhoben wurde

Diese Werte wurden mithilfe des Programms Excel 2007 (Microsoft Corporation) für Windows 7 ermittelt.

Die Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov Test geprüft.

Die Korrelation zwischen dem femoralen Offset und den primären und sekundären Endpunkten wurde anhand des Spearman Korrelationskoeffizienten Rho ( $\rho$ ) in einer bivariaten Analyse untersucht. Eine bivariate Analyse gibt, wie der Name schon andeutet, den Zusammenhang zwischen 2 Merkmalen wider und ist die Vorstufe zu multivariaten Analyseverfahren [193]. Der Spearman Korrelationskoeffizient ist ein Testverfahren zur Analyse ordinalskalierten Daten. Ordinalskaliert bedeutet, dass die erhobenen Messergebnisse eine Reihenfolge repräsentieren und keine Aussage über die absolute inhaltliche Differenz zwischen 2 Rängen zulassen. Dabei kann  $\rho$  Werte von -1 bis +1 annehmen, wobei ein Wert von -1 einen perfekten negativen Zusammenhang, 0 keinen Zusammenhang und 1 einen perfekten positiven Zusammenhang darstellt [151].

In einer multivariaten Analyse, bei der mehr als 2 Merkmale an einem Merkmalsträger gleichzeitig erhoben werden [193], wurden die *Confounder* (Störgrößen) [40] mit dem FO als unabhängige Variable untersucht. Zu den Störgrößen gehören u.a. das Alter, der ASA-Score, der MMSE bei Aufnahme und der IADL-Score vor der Fraktur.

Mithilfe eines abhängigen t-Tests wurde der Unterschied zwischen den Mittelwerten des projizierten FO und des rotationskorrigierten FO berechnet. Dabei wird der Mittelwertsunterschied anhand der Mittelwert-Streuungen relativiert. Der t-Test ist dabei auf den Vergleich von 2 Mittelwerten beschränkt [151].

Bei einem p-Wert  $< 0,05$  wurde das Ergebnis als signifikant gewertet. Der p-Wert ermöglicht die Entscheidung zur Verwerfung oder Beibehaltung der Nullhypothese, die vor Erhebung der Daten aufgestellt wurde [46]. Die Nullhypothese dieser Studie besagt, dass kein Zusammenhang zwischen FO und klinischen *Outcome*-Parametern besteht.

Der Stichprobenumfang wurde anhand eines Nomogramms nach Altman (1992) berechnet. Mit einer festgesetzten gewünschten Sicherheit bzw.

Aussagewahrscheinlichkeit von 80%, einem Signifikanzlevel von 0,05 und einer Standarddifferenz von 0,75 wurde ein Stichprobenumfang von 55 Patienten ermittelt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Stichprobenumfang einen großen Einfluss auf den p-Wert und das Konfidenzintervall hat. So ergeben große Stichprobenumfänge kleinere Konfidenzintervalle und einen kleineren p-Wert [190].

Für die statistische Analyse wurde Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) und IBM SPSS statistics 22 package (Statistical Package for the Social Sciences, IBM Cooperation, Armonk, New York, USA) verwendet.

## 6. Ergebnisse

### 6.1. Ergebnisse bezüglich der Studienpopulation

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Messungen und Berechnungen dargestellt.

Wie bereits im Abschnitt Material und Methoden ausgeführt, wurden 126 Patienten in die Studie eingeschlossen, wovon 30 männlich (24%) und 96 weiblich (76%) sind. Die Altersspanne beträgt 63-99 Jahre, das Durchschnittsalter 82 Jahre mit einer Standardabweichung von 7 Jahren.

Die durchschnittliche ASA-Klassifikation der Patienten beträgt 3 mit einer Standardabweichung von 0,5. 16% (20) der Patienten hatten einen ASA-Wert von II, 72% (91) von III und 12% (15) von IV (Abb. 29).

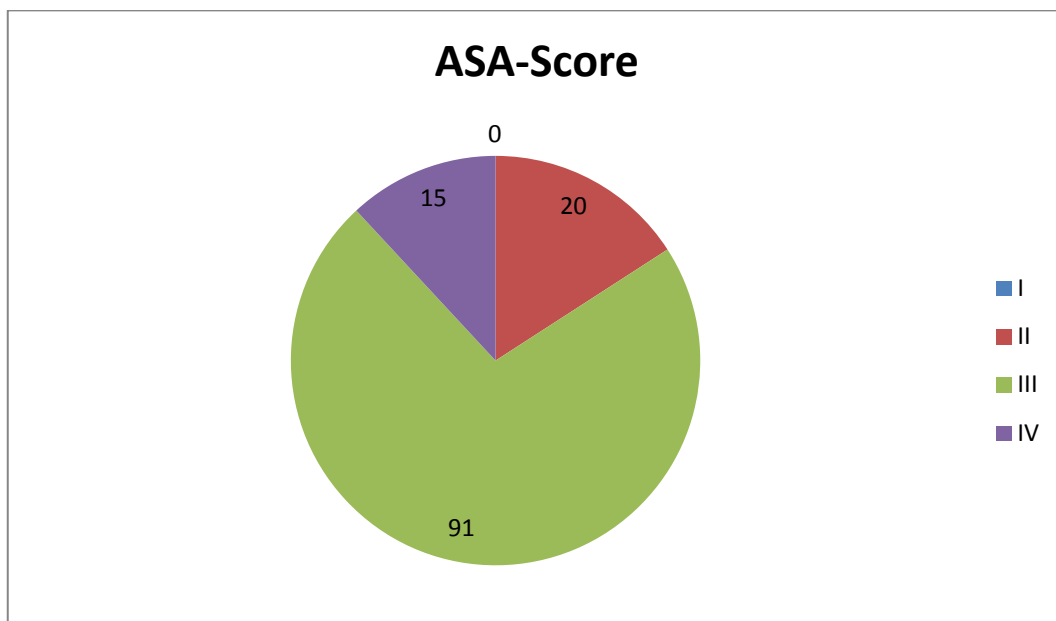


Abbildung 29: ASA-Score der Patienten

Bei 16 Patienten (12,7%) gab es im Verlauf des Krankenhausaufenthaltes chirurgische Komplikationen (Abb. 30). 5 Patienten entwickelten ein Hämatom, 4 ein Serom und 1 Patient eine Wunddehiszenz. Eine Infektion der Operationswunde wurde bei 2 Patienten beobachtet. Bei 3 Patienten dislozierte die Prothese und 1 Patient erlitt postoperativ eine periprotetische Fraktur nach einem Sturz. Eine Revisionsoperation war bei 8 Patienten nötig (6,3%) (s. Anhang).

Die Wunddehiszenz wurde mit einem Vakuumverband therapiert. Eine Explantation der Duokopfprothese musste in 3 Fällen erfolgen: Zweimal aufgrund einer Wundinfektion

und einmal nach der angesprochenen periprothetischen Fraktur, wobei im letzten Fall eine zementierte Brehmprothese implantiert wurde. Die Hämatome und Serome wurden, soweit nötig, operativ versorgt.

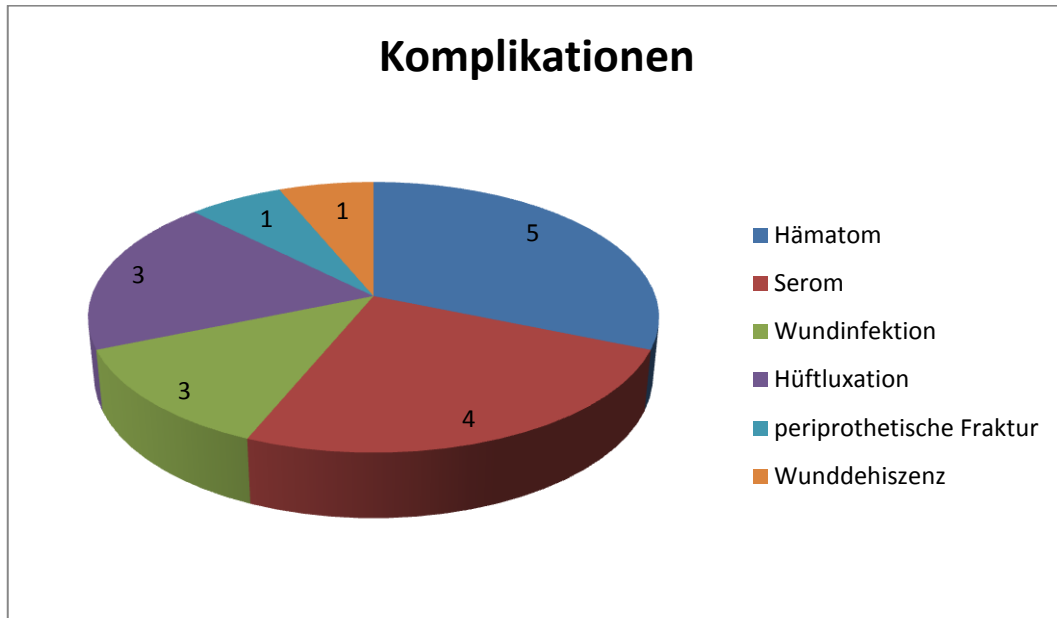


Abbildung 30: Komplikationen

Der Mini-Mental-State-Examination-Test, der bei Aufnahme durchgeführt wurde, ergab durchschnittlich 20 Punkte mit einer Standardabweichung von 8,7 und einem Median von 23. Es wurde sowohl die Maximalpunktzahl (30) als auch die Minimalpunktzahl (0) erreicht (Abb. 31).

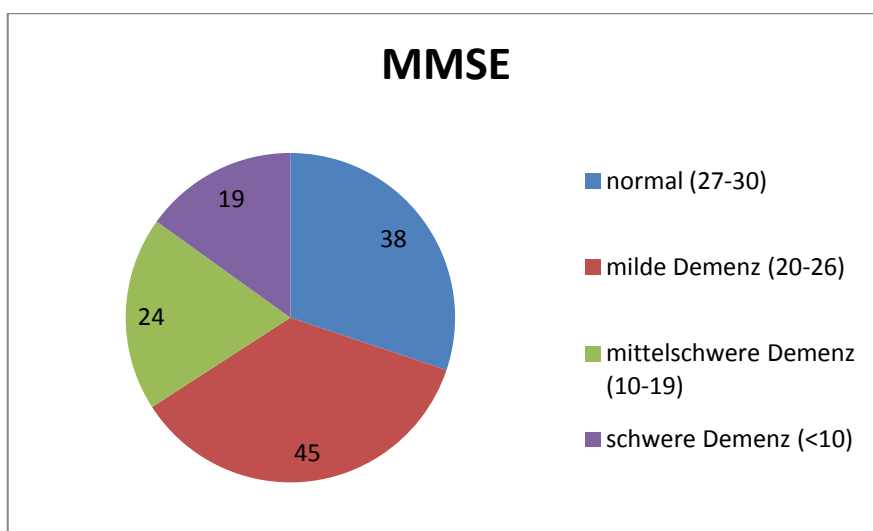


Abbildung 31: MMSE

## 6.2. Ergebnisse der radiologischen Messungen

Insgesamt wurden 127 Röntgenbilder von 126 Patienten ausgemessen (wie bereits erwähnt, wurde bei einem Patienten beidseits eine Duokopfprothese implantiert). Dabei wurden folgende Werte erhoben (s. Anhang):

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung	Median
Kopfdurchmesser <sub>p</sub>	46,3	66,1	56,1	4,1	55,8
Kalibrierungsfaktor	1,1	1,2	1,2	0,0	1,2
pDHals <sub>p</sub>	14	16,7	15,6	0,6	15,7
pDHals <sub>k</sub>	16,1	20,3	18,3	0,9	18,2
Halslänge <sub>p</sub>	24,2	48,9	35,6	3,5	35,2
Halslänge <sub>k</sub>	27,6	57,8	41,6	4,4	41,2
CCD-Winkel	125,6	157,6	138,3	4,5	137,3
PO <sub>p</sub>	19,6	52,4	37,5	4,9	37,7
PO <sub>k</sub>	22,8	59,6	43,9	6,0	44,5
<b>FO<sub>p</sub></b>	<b>39</b>	<b>55,9</b>	<b>36,9</b>	<b>7,7</b>	<b>37,1</b>
<b>FO<sub>k</sub></b>	<b>4,5</b>	<b>63,5</b>	<b>43,1</b>	<b>9,5</b>	<b>43,8</b>
<b>FO<sub>RC</sub></b>	<b>9,5</b>	<b>67,2</b>	<b>41,4</b>	<b>7,8</b>	<b>40,8</b>
<b>FO<sub>RL</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>1,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>
GO <sub>p</sub>	41,6	92,2	72,8	8,8	72,7
GO <sub>RL</sub>	48,3	107,0	85,1	10,9	85,8
GO1 <sub>p</sub>	4	56	36,8	8,0	37,4
GO1 <sub>k</sub>	4,6	63,6	43,1	9,5	43,8
GO1 <sub>RC</sub>	9,7	65,6	41,2	9,4	41,4
GO2 <sub>p</sub>	27,3	52,3	35,9	4,6	35,6
GO2 <sub>k</sub>	30,3	60,6	42,0	5,7	41,8
HH <sub>p</sub>	1,2	32,1	16,0	5,3	16,7
HH <sub>k</sub>	1,4	38,1	18,7	6,2	19,5
Ala <sub>p</sub>	51,4	80,5	66,4	6,5	66,7
Ala <sub>k</sub>	58,5	97,2	77,6	8,1	78,8

Tabelle 1: Ergebnisse der radiologischen Messungen

p: gemessener Wert

k: kalibrierter Wert

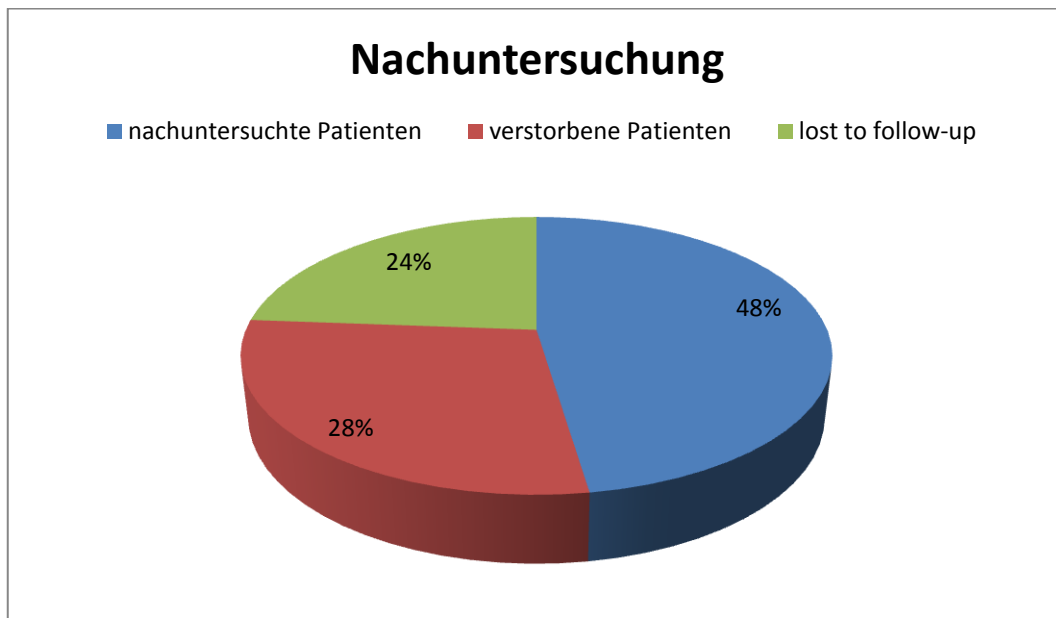
RC: rotationskorrigierter Wert

RL: relativer Wert

Hervorzuheben sind der Mittelwert des FO<sub>P</sub>, der 36,8 mm (SD +/- 8,0) betrug, und der Mittelwert des rotationskorrigierten FO mit 41,1mm (SD +/- 8,3) ( $p < 0,0001$ ).

Bei der Nachuntersuchung der ursprünglich 126 Patienten 12 Monate postoperativ konnten 60 Patienten (48% des Gesamtkollektivs) analysiert werden. Von den 126 Patienten waren in dieser Zeit 36 Patienten verstorben und 30 Patienten sind in der Nachbeobachtungsphase verloren gegangen (*lost to follow-up*) (s. Anhang).

Den *Timed Up and Go Test* konnten von den 60 Patienten 46 durchführen (77% der nachuntersuchten Patienten bzw. 37% des Gesamtkollektivs).



Folgende Werte wurden für die klinischen Tests ermittelt:

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	Median
HHS	12	97	68	20	73
IADL (vor Fraktur)	0	8	4,1	3,1	4
IADL FU*	0	8	3,6	3,2	2
TUG FU*	8	100	29	23	20
MMSE**	0	30	20	8,7	23

Tabelle 2: Ergebnisse der klinischen Tests

\* Beim *follow-up* nach 12 Monaten

\*\* Der MMSE, der bei Aufnahme durchgeführt wurde, war bei 38 Patienten (30%) normal (27-30 Punkte), 45 (35%) hatten eine milde Demenz (20-26 Punkte), 24 (19%) eine mittelschwere (10-19 Punkte) und 19 (15%) eine schwere Demenz (< 10 Punkte) (s. Abb. 31).

Der IADL-Score vor dem Frakturereignis betrug durchschnittlich 4,1 Punkte bei einer Standardabweichung von 3,1, einem Median von 4,0, wobei sowohl die Minimal- (0) als auch die Maximalpunktzahl (8) erreicht wurde.

Beim *follow-up* nach 12 Monaten betrug der IADL-Score durchschnittlich 3,6 Punkte bei einer Standardabweichung von 3,2 und einem Median von 2. Auch hierbei wurde die Minimal- und Maximalpunktzahl erreicht.

Der *Harris Hip Score* betrug durchschnittlich 68 Punkte bei einer Standardabweichung von 20, einem Median von 73, einer Minimalpunktzahl von 12 und einer Maximalpunktzahl von 97.

Der *Timed Up and Go* Test, der bei 46 Patienten durchgeführt werden konnte, ergab einen Mittelwert von 29 (SD 23).

Bezüglich der Korrelation zwischen dem rotationskorrigierten femoralen Offset und dem klinischen Ergebnis 12 Monate postoperativ bei älteren Patienten, die mit einer Duokopfprothese nach einer dislozierten medialen Schenkelhalsfraktur therapiert wurden, konnte eine Signifikanz bezüglich des rekonstruierten rotationskorrigierten FO mit dem HHS ( $\rho = 0,303$ ,  $p = 0,025$ ) und dem IADL ( $\rho = 0,325$ ,  $p = 0,013$ ) gefunden werden. Keine signifikante Korrelation lag zwischen dem rotationskorrigierten FO und dem TUG vor ( $\rho = -0,026$ ,  $p = 0,863$ ):

	rotationskorrigiertes femorales Offset	
	Spearman Koeffizient $\rho$	p-Wert
<b>Harris Hip Score</b>	<b>0,303</b>	<b>0,025</b>
<b>IADL-Score</b>	<b>0,325</b>	<b>0,013</b>
Timed up and go Test	-0,026	0,863

Tabelle 3: Korrelation zwischen dem rotationskorrigierten FO und dem klinischen *Outcome* 12 Monate postoperativ

In der multivariaten Analyse wurden die *Confounder*, nämlich Geschlecht, Alter, ASA-Klassifikation, MMSE-Testergebnis bei Aufnahme, IADL-Status vor der Fraktur und der

Barthel-Index bei Aufnahme und vor Entlassung, mit einbezogen. Dadurch zeigte sich ein nicht signifikanter Trend für eine positive Relation zwischen dem FO und dem HHS ( $p = 0,107$ ) und eine signifikante Relation zwischen FO und IADL-Skala ( $p = 0,010$ ). Keine signifikante Korrelation wiederum lag zwischen dem TUG und dem FO vor ( $p = 0,987$ ):

	Rotationskorrigiertes femorales Offset			
	B	$\beta$	95% KI von B	p-Wert
HHS	0,544	0,229	-0,124; 1,212	0,107
<b>IADL</b>	<b>0,089</b>	<b>0,241</b>	<b>0,023; 0,155</b>	<b>0,010</b>
TUG	-0,007	-0,002	-0,852; 0,839	0,987

Tabelle 4: Korrelation zwischen dem rotationskorrigierten FO und dem klinischen *Outcome* 12 Monate postoperativ mit Berücksichtigung der *Confounder*

Die bisher vorgestellten Ergebnisse wurden in der Analyse des relativen FO bekräftigt, so dass in der bivariaten und der multivariaten Analyse wie schon beim rotationskorrigierten FO eine signifikante Korrelation zwischen FO und IADL festgestellt wurde:

	Relatives femorales Offset	
	Spearman Koeffizient $\rho$	p-Wert
<b>HHS</b>	<b>0,326</b>	<b>0,014</b>
<b>IADL</b>	<b>0,316</b>	<b>0,015</b>
TUG	-0,039	0,797

Tabelle 5: Korrelation zwischen dem relativen FO und dem klinischen *Outcome* 12 Monate postoperativ

In der multivariaten Analyse des relativen FO wurde analog zur Untersuchung des rotationskorrigierten FO dieselben *Confounder* verwendet, nämlich Geschlecht, Alter, ASA-Klassifikation, MMSE-Testergebnis bei Aufnahme, IADL-Status vor der Fraktur und der Barthel Index:



	relatives femorales Offset			
	B	$\beta$	95% KI von B	p-Wert
HHS	24,182	0,201	-8,942; 57,305	0,148
<b>IADL</b>	<b>3,873</b>	<b>0,212</b>	<b>0,514; 7,233</b>	<b>0,025</b>
TUG	17,911	0,123	-27,950; 63,773	0,433

Tabelle 6: Korrelation zwischen dem relativen FO und dem klinischen *Outcome* 12

Monate postoperativ mit Berücksichtigung der *Confounder*

## 7. Diskussion

Jedes Jahr erleiden 110 bis-130 Einwohner pro 100.000 Einwohnern in Deutschland eine Schenkelhalsfraktur, wobei die Inzidenz bei den über 65jährigen 600 bis 900/100.000 Frakturen pro Jahr beträgt [161]. Diese Zahlen bekräftigen die Bedeutung der Schenkelhalsfrakturen und, wie in der Einleitung ausführlich dargestellt, wird die Zahl der Frakturen aufgrund der erhöhten Prävalenz für Osteoporose und der alternden Bevölkerung weiter zunehmen. Die steigende Zahl hüftgelenksnaher Frakturen wird auch zu erhöhten Kosten im Gesundheitswesen führen [54, 85].

Des Weiteren ist die Mortalitätsrate bei älteren Patienten im 1. Jahr nach einer Schenkelhalsfraktur mit 24,2% fast doppelt so hoch wie die erwartete Mortalität in der Bevölkerung mit 11,3% [162]. Risikofaktoren für eine erhöhte Mortalität sind ein hohes Alter, das männliche Geschlecht und ein hoher ASA-Score [169]. Weiterhin problematisch ist die eingeschränkte postoperative Beweglichkeit der Patienten, welche die Fraktur überleben [104]. In der aktuellen Leitlinie der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie bezüglich Schenkelhalsfrakturen wird das Therapieziel wie folgt definiert: „Ziel der Behandlung ist es, das Überleben zu sichern, die Lebensqualität zu erhalten, Komplikationen und funktionelle Einschränkungen nach Schenkelhalsfraktur zu minimieren.“ [39].

Um diese Ziele zu erreichen, gehören sowohl die präoperative Planung, das perioperative Management und die postoperative Nachsorge zum Behandlungsplan. Zur Versorgung von hüftgelenksnahen Frakturen, v.a. der medialen Schenkelhalsfraktur, ist bei älteren Patienten über 65 Jahren eine hüftkopfersetzende Therapie das Verfahren der Wahl. Ein Goldstandard zur Entscheidung bezüglich Hemi- (HEP) oder Totalendoprothese (TEP) existiert jedoch nicht. Vereinfacht gesagt wird empfohlen, bei älteren leistungseingeschränkten Patienten eine zementierte Duokopfprothese zu verwenden, wobei bei gleichzeitig vorliegender Hüftarthrose die Versorgung mittels TEP bevorzugt wird [166]. Eine präoperativ vorliegende Hüftarthrose beeinflusst das klinische Ergebnis nach Versorgung mit einer Duokopfprothese jedoch nicht [44]. Blomfeldt et al. empfehlen die Implantation einer TEP bei aktiven und geistig fitten Patienten mit einer dislozierten Schenkelhalsfraktur. In ihrer Studie erbrachte die TEP ein besseres funktionelles Ergebnis im Vergleich zur HEP 1 Jahr postoperativ, ohne die Komplikationsrate zu erhöhen, wobei die Operationsdauer bei der TEP signifikant länger und der Blutverlust signifikant höher war als bei der HEP. Es gab jedoch keine Unterschiede bezüglich der Mortalität und es wurden auch keine Dislokationen beobachtet [12]. Eine andere Studie ermittelte signifikant höhere Dislokationsraten bei

der TEP verglichen mit einer HEP, wobei die funktionellen Vorteile einer TEP wie eben angesprochen dieses Risiko überwiegen [88]. Allgemein sind die Studienergebnisse zur Indikation einer HEP nicht eindeutig. Im Vergleich mit Osteosyntheseverfahren wird z.B. eine HEP bei älteren Patienten empfohlen, da diese ein geringeres Implantatversagen und daher auch geringere Kosten zeigen. Eine HEP ist jedoch mit einer höheren Rate an Bluttransfusionen, längerer Operationszeit und mehr oberflächlichen Wundinfekten assoziiert [142, 143]. Zudem zeigt die Duokopfprothese nach medialer Schenkelhalsfraktur in einer Studie von Murena et al. auch bei relativ jungen Patienten unter 70 Jahren gute Langzeitergebnisse bei einem durchschnittlichen *follow-up* von 20 Jahren, auch wenn andere Studien schlechte Langzeitergebnisse beschreiben [127]. Bei sehr alten Patienten mit schweren kognitiven Einschränkungen wird jedoch ein osteosynthetisches Verfahren bevorzugt, da eine HEP bei diesen Patienten keine Vorteile erbringt [13]. Auch eine Studie, welche die Versorgung einer Schenkelhalsfraktur mit einer dynamischen Hüftschraube (DHS) und HEP vergleicht, empfiehlt die Versorgung mit DHS [50]. Risikofaktoren für eine Revisionsoperation mit einer TEP nach einer primären Implantation einer HEP bei Patienten mit einer dislozierten Schenkelhalsfraktur stellen männliches Geschlecht, eine Schizophrenie und ein chronisches Nierenversagen (*end-stage renal disease*) dar [173].

Bei der eigentlichen operativen Versorgung spielt die Erfahrung des Operateurs bezüglich Komplikationsrate, Krankenhausmortalität, Transfusionsrate sowie Krankenhausverweildauer keine Rolle. Ein signifikanter Unterschied besteht nur in der durchschnittlichen Operationszeit, die bei Fachärzten mit der Zusatzbezeichnung „spezielle Unfallchirurgie“ kürzer ist [11].

Das Hauptproblem der Versorgung liegt wohl eher in der sozialen Reintegration der vorwiegend älteren Patienten, da die Hälfte der Patienten längerfristig beeinträchtigt und 1/4 auf dauerhafte Hilfe angewiesen ist [166]. Zudem ist eine postoperative stationäre Wiederaufnahme eine häufige Komplikation nach einer Hüftoperation. Die Ursachen hierfür sind allerdings häufig nicht direkt mit der Hüftfraktur assoziiert, sondern mit den Komorbiditäten der Patienten. Dazu zählen z.B. eine pulmonale Insuffizienz, kardiovaskuläre Probleme und Infektionskrankheiten. Zu den Hüftfraktur assoziierten Ursachen für eine Wiederaufnahme gehören z.B. ein Implantatversagen und große Hämatome. Unabhängige Risikofaktoren für eine Wiederaufnahme bei Hüftfrakturen sind das männliche Geschlecht und das Vorliegen einer Schenkelhalsfraktur [23]. Daher ist eine adäquate postoperative regelmäßige Nachsorge von Bedeutung [196], welche die ärztliche Kontrolle des Operationserfolgs, die Pflege und die intensive Physiotherapie mit Mobilisierung einschließt.

Um die Qualität der Pflege zu erhöhen, die Krankenhausverweildauer zu verkürzen und die Kosten zu verringern, empfiehlt es sich, einen klinischen Algorithmus einzuführen. Dieser sollte in einem interdisziplinären Team entwickelt werden, welches u.a. aus Unfallchirurgen, Anästhesisten, Geriatern, Physiotherapeuten, Vertretern der Pflege, Vertretern von Rehabilitationseinrichtungen sowie der Notfallaufnahme bestehen sollte. Damit kann die Krankenhausverweildauer verringert werden, ohne die Mortalitätsraten, Komplikationen und Wiederaufnahmen zu erhöhen [25].

Bedeutsam ist zusätzlich die subjektive postoperative Patientenzufriedenheit, auf die im modernen Gesundheitssystem zunehmend mehr Wert gelegt wird und die auch in die von der WHO verfassten Definition von Gesundheit mit einfließt: „Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity“ (*Gesundheit ist ein Zustand des völligen physischen, mentalen und sozialen Wohlergehens und nicht nur die Abwesenheit von Krankheit oder Gebrechlichkeit*) [194].

Jedoch ist die Patientenzufriedenheit schwierig zu erfassen, da sie von vielen Faktoren abhängt und kein Goldstandard zur Erhebung existiert. Eine Möglichkeit zur Quantifizierung der Patientenzufriedenheit liegt in der Verwendung einer visuellen Analogskala (VAS), welche eine gute Validität und Reliabilität aufweist. Zusätzlich konnte eine hohe Korrelation zwischen der Zufriedenheits-VAS und einer VAS zu Schmerzen sowie zum Oxford Hip Score festgestellt werden. Dies könnte dafür sprechen, dass Schmerzen den wichtigsten Faktor bei der Patientenzufriedenheit darstellen [18].

Eine Erhebung der Patientenzufriedenheit mit einer einzigen Frage, wie es häufig in Studien durchgeführt wird, zeigt hingegen eine schlechte Konstruktvalidität und inhaltliche Validität [80].

Während die Mehrzahl der Studien zu HEP in der Vergangenheit den Fokus auf die Möglichkeit zur Verhinderung von Revisionsoperationen und Dislokationen gelegt haben, steigt nun das Interesse an Erkenntnissen über den Einfluss der postoperativen Anatomie der Hüfte sowie der Biomechanik auf die funktionellen Ergebnisse [79]. Dabei stellt die Wiederherstellung der physiologischen Biomechanik der Hüfte ein primäres Ziel dar [186]. Eine Revisionsoperation sollte sogar in Betracht gezogen werden, wenn Symptome aufgrund einer Beinlängendifferenz oder eines veränderten femoralen Offsets (FO) resultieren [56]. Besonderes Augenmerk sollte auf die Beinlänge und die dynamische Hüftstabilität gelegt werden. Dazu werden eine adäquate klinische Untersuchung, eine präoperative Planung und angemessene intraoperative Techniken benötigt. Eine präoperative Planung ist von signifikantem Wert für eine erfolgreiche Implantation einer TEP [10, 28, 48, 89, 105]. Damit können u.a. Beinlängendifferenzen leichter ausgeglichen und das FO wiederhergestellt werden [9]. Die digitale Planung der

Endoprothese kann mit Schablonen unterstützt werden, was zunehmend zur Minimierung von Komplikationen genutzt wird. Somit kann die benötigte Implantatgröße, sowohl des femoralen als auch des acetabulären Teils, korrekt vorhergesagt und Beinlängendifferenzen ausgeglichen werden [89]. Auch bei der Implantation einer HEP zeigt eine präoperative digitale Planung Vorteile in der Wiederherstellung der Beinlänge sowie des FO, wobei die Genauigkeit im Vergleich zur Planung einer TEP schlechter ist. Die Planung hilft dem Operateur besser auf anatomische Anomalien zu reagieren, die zu intraoperativen Problemen führen könnten, sodass entsprechende Instrumente und Implantate bereitgestellt werden können [102]. Dabei kann bei einer Fraktur die gesunde kontralaterale Hüfte ausgemessen werden, weil sich die Hüftgeometrie bezüglich der Körperseite nicht signifikant unterscheidet, insbesondere nicht in Bezug auf das FO [96]. Die präoperative Identifizierung von Patienten, die ein erhöhtes Risiko für eine Beinlängendifferenz haben, erlaubt den Operateuren den operativen Zugang und die Implantatwahl darauf abzustimmen [155]. Dabei sollte auf die femorale Anteversion geachtet werden, da andernfalls Schäfte implantiert werden, die 2 Nummern zu klein sind, weil das FO dann auch falsch gemessen wird [123].

Das FO gewinnt in diesem Zusammenhang zunehmend an Bedeutung. Es stellt die Strecke zwischen der Femurschaftachse und einer Orthogonalen durch das Drehzentrum des Hüftkopfes dar und ist bedeutsam für die Funktion der Hüftabduktoren [9, 110]. Studien bekräftigen die Bedeutung des FO für die Verbesserung der Prognose von Patienten mit TEP und deren Lebensqualität [26, 52, 63]. Für gute postoperative funktionelle Ergebnisse ist es wichtig, das FO wiederherzustellen, andernfalls besteht bei einer Versorgung mittels TEP ein erhöhtes Risiko für eine postoperative Dislokation [120] und ein humpelndes Gangbild. Eine Reduktion des FO führt zu signifikanten Veränderungen des Gangbilds [148]. Des Weiteren kommt es bei einem unzureichend rekonstruierten FO zu Beinlängendifferenzen [118]. Diese führen bei einer Größe von ca. 2 cm bei älteren Patienten mit manifester pulmonaler, kardialer oder neuromuskulärer Erkrankung zu Schwierigkeiten beim Gehen [72]. Zudem besteht eine hochsignifikante Korrelation zwischen Beinlängendifferenzen, chronischen und therapieresistenten lumbalen Rückenschmerzen sowie unilateralen Hüftbeschwerden. In der Mehrzahl der Fälle besteht eine chronische oder remittierende Ischialgie und unilaterale Hüftsymptome auf der Seite des längeren Beins. Eine Linderung der Schmerzen kann durch eine einfache und adäquate Schuhsohlenerhöhung erreicht werden [58]. Weiterhin führt ein unzureichend wiederhergestelltes FO zur Abnützung der Prothese [146] sowie einer verminderten Beweglichkeit [81].

Eine Rekonstruktion des FO gelingt laut einer Studie von Bourne et al. jedoch nur bei 40% aller Patienten, die eine TEP erhalten. Wird jedoch erhöhte Aufmerksamkeit auf Techniken zur Wiederherstellung des FO gelegt, könnten 90% aller Patienten wieder ein korrektes FO haben [16]. Im Vergleich zwischen Kurzschaft- und Standardschaftprothesen bei der Implantation einer TEP kann das FO bei Kurzschaftprothesen adäquat wiederhergestellt werden [145]. Intraoperativ kann die bilderlose Navigation verwendet werden, um die Beinlänge zu kontrollieren und das FO zu rekonstruieren. Vergleicht man die Navigation mit der intraoperativen Röntgendurchleuchtung wird dieselbe Präzision erreicht, um die Beinlänge, das FO und das globale Offset (GO) bei einer minimalinvasiven Implantation einer TEP wiederherzustellen [186].

Trotz des erhöhten Interesses an der Biomechanik und Anatomie der Hüfte besteht eine Diskrepanz zwischen der Anatomie des proximalen Femurs und den meist genutzten femoralen Komponenten einer TEP [15], sodass in Zukunft wohl neue Implantate entwickelt werden müssen. Baukastenartige femorale Komponenten bei der TEP wurden schon entwickelt, um die ursprüngliche Beinlänge und das FO vereinfacht wiederherzustellen [164]. Generell muss der Operateur anhand seiner Erfahrung und der klinischen Vorgeschichte des Patienten präoperativ entscheiden, ob das FO nur wiederhergestellt oder auch vergrößert bzw. verkleinert werden sollte [1].

Im Gegensatz zu den schon vorhandenen Studien, die das FO bei Implantation einer TEP untersuchen, gibt es kaum Erkenntnisse bezüglich FO und den HEP bzw. wie in dieser Studie speziell der Duokopfprothese.

In dieser Studie wurde daher erstmals der Einfluss des FO auf die funktionellen Ergebnisse nach medialer Schenkelhalsfraktur und Implantation einer Duokopfprothese untersucht.

Erschwerend waren hierbei im Vergleich zu Studien, welche die Implantation einer TEP bei Coxarthrose thematisieren, die Störgrößen, die bei Patienten mit Frakturen eine größere Rolle spielen als bei elektiven endoprothetischen Operationen. Dazu zählen Komorbiditäten wie Osteoporose, aber auch höheres Alter und eine präoperativ geringere Mobilität [23]. Auch postoperativ kann die Mobilität weiterhin aufgrund anderer Komorbiditäten wie z.B. einer kardialen Erkrankung verringert sein, was zusätzlich zur hohen postoperativen Mortalität eine Untersuchung der Hüftfunktion erschwert [104, 169].

In der relativ großen Kohorte in dieser Studie wurde ein signifikanter Zusammenhang bezüglich FO und dem *Instrumental Activities of Daily Living*- (IADL) Score bzw. dem *Harris Hip Score* (HHS) 12 Monate postoperativ gefunden. Ein Zusammenhang

zwischen dem FO und dem *Timed Up and Go* Test (TUG) konnte nicht nachgewiesen werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass der TUG durch Störgrößen schnell beeinflusst werden kann. Dazu gehören neurologische Defizite, orthostatische Dysregulation, dem im Alter voranschreitenden Muskelabbau (Sarkopenie), Demenz und der Compliance sowie der Bereitschaft des Patienten, den Test ordnungsgemäß durchzuführen [107, 152].

Die Ergebnisse in dieser Studie deuten darauf hin, dass ein vergrößertes FO vorteilhaft ist. Dies steht in Einklang mit vielen weiteren Studien, u.a. im Hinblick auf ein Impingement, was zu einer Hüftinstabilität, einem beschleunigten Prothesenverschleiß und Schmerzen führen kann [117]. Auch bei der Therapie eines Impingements wird die Wiederherstellung des FO angestrebt, um das Anstoßen des Femurs an das Acetabulum zu verhindern. Wird ein symptomatisches femoroacetabuläres Impingement nicht therapiert, kann es zu einem intraartikulären Schaden und der Entwicklung einer frühzeitigen Arthrose kommen [138]. Genauer gesagt wird eine Schädigung des acetabulären Labrums beobachtet, wobei ein vermindertes FO eine Prädisposition dafür darstellt [47, 87]. Ein vergrößertes FO führt wiederum zu einer verbesserten Gelenkstabilität und einem niedrigeren Risiko für Beinverlängerungen [86]. Weiterhin korreliert ein vergrößertes FO mit einer verbesserten Beweglichkeit hinsichtlich der Abduktion und der Verlängerung des Hebelarms der Abduktoren, was zu einer vergrößerten Abduktionskraft führt [121]. Es wird jedoch von einer Tendenz zur Ausbildung einer symptomatischen Bursa trochanterica berichtet, wenn das FO unphysiologisch erhöht wird [90].

In anderen Studien, wie im Abschnitt Prognose schon angesprochen, konnten auch Vorteile in einem verkleinerten FO nachgewiesen werden, z.B. im Hinblick auf postoperative Schmerzen. Liebs et al. untersuchten dazu postoperative Röntgenbilder von 362 Patienten, die mit einer TEP versorgt wurden, und korrelierten das gemessene FO mit der WOMAC-Schmerzskala. Dabei hatten Patienten mit niedrigerem FO signifikant weniger Schmerzen als Patienten mit normalem oder vergrößertem FO sowohl nach 6 als auch nach 12 und 24 Monaten postoperativ [113]. Auch Cassidy et al. kamen zum selben Ergebnis: Ein niedriges FO korreliert mit einem niedrigeren WOMAC-Score bei Patienten mit TEP [26]. Dabei führt eine Offsetverkleinerung zu einer Erhöhung der Stärke und Steifheit der Prothese [91].

Die Inzidenz von chirurgischen Komplikationen in dieser Studie mit 12,7 % deckt sich weitgehend mit anderen Studien, z.B. mit Burgers et al., die eine Komplikationsrate von 14% für kleine und 24% für schwerwiegende Komplikationen in ihrer Studienpopulation beobachteten. Die Rate an Revisionsoperationen beträgt in dieser Studie 6,3% und daher

im Vergleich mit Burgers et al. wiederum ähnlich mit 7% [24]. In nur 3 Fällen (2,4%) kam es zu Dislokationen, was für eine gute Gelenkstabilität spricht. Entgegen der Ergebnisse in dieser Studie zeigten Hartel et al. in einer retrospektiven Kohortenstudie mit älteren, multimorbiden Patienten, dass eine Rekonstruktion der physiologischen Hüftanatomie bei Duokopfprothesen nach einer medialen Schenkelhalsfraktur keinen Einfluss auf das funktionelle Ergebnis hat. Dies wurde mit dem Barthel-Index, dem Tinetti-Score, dem TUG und der Mini-Mental-State-Examination (MMSE) evaluiert [79]. Im Gegensatz zu dieser Studie wurde kein hüftspezifischer Test wie der HHS verwendet und keine Rotationskorrektur für die Messung des FO durchgeführt [111]. Dies ist jedoch essentiell, um die Ermittlung des FO anhand konventioneller Röntgenbilder zu verbessern, was auch an der Diskrepanz zwischen FO und rotationskorrigiertem FO in dieser Studie zu sehen ist. Weber et al. unterstreichen diese Tatsache durch eine Studie, bei der mit normalen Röntgenbildern nach einer Versorgung mit einer TEP das FO im Vergleich zu Messungen an 3D-CT-Bildern nicht korrekt wiedergegeben werden konnte [187]. Des Weiteren zeigten Lechler et al. anhand von Röntgen- und CT-Bildern von Patienten nach Versorgung mit einem proximalen Femurnagel, dass das FO ohne Rotationskorrektur bei Messungen in Röntgenbildern unterschätzt wird [111]. Die Unterschätzung des FO in konventionellen Röntgenbildern wird zusätzlich von Lecerf et al. beschrieben [110]. Generell ist die adäquate Messung des FO mit konventionellen AP-Röntgenbildern schwierig [109].

Schwächen der Studie sind in der Verwendung der Röntgenbilder für die radiologische Messung zu sehen, da wie bereits angesprochen, das FO auf Röntgenbildern unterschätzt wird. Auch die Rotationskorrektur kann diese Ungenauigkeit nicht vollständig eliminieren. Eine Ausmessung von CT-Bildern wäre präziser gewesen, wird aber nicht routinemäßig bei Patienten mit hüftgelenksnahen Frakturen durchgeführt. Die Gründe dafür sind die im Vergleich zu konventionellen Röntgenaufnahmen erhöhte Strahlenbelastung und vermehrte Kosten. Des Weiteren wurde keine radiologische Nachkontrolle durchgeführt, die Veränderungen in der Hüftanatomie aufgrund einer Abnutzung des Acetabulums oder einer Prothesenlockerung hätte detektieren können. Während eine möglicherweise vermehrte Schaftintegration mit der Zeit zu einer Veränderung des FO führen kann, ist diese bei zementierten Schäften, wie in dieser Studie geschehen, gering. Zementfreie Schäfte einer TEP sinken im Durchschnitt ca. 1,4 mm nach 2 Jahren, 2,1 mm nach 5 Jahren und 2,2 mm nach 7 Jahren ein. Dabei spielen Faktoren wie die operative Technik und patientenbezogene Faktoren wie Körpergewicht oder Körperhöhe eine Rolle. Ein erhöhter BMI führt zu keinem schnelleren Einsinken des Schafts [165]. In einer anderen Studie wird das Absinken eines unzementierten Schafts



mit 1,5-2 mm nach 2 Jahren beziffert, während der zementierte Schaft nur 1 mm nach 2 Jahren absank [167].

Eine weitere Einschränkung der Studie liegt in den verwendeten Funktionstests, die im Abschnitt Funktionstests erläutert wurden. Zusammenfassend liegen bezüglich des HHS die Nachteile darin, dass es noch keine validierte deutsche Version des Tests gibt und die inhaltliche Validität gering ist [184]. Beim TUG ist die Sensitivität und Spezifität nicht hoch genug, um die zukünftige Mobilität von Patienten vorherzusagen [131]. Jedoch ist er ein valides Messinstrument für das postoperative Ergebnis bei älteren Patienten in der geriatrischen Rehabilitation [19], was bei dieser Studie im Gegensatz zu Vorhersagen über die Mobilität im Vordergrund steht. Der IADL ist wie der HHS und TUG ein häufig verwendeter Score mit exzellenter Reliabilität und Validität bei moderater Sensitivität [181]. Keiner der 3 verwendeten Funktionstests ist für Patienten mit proximalen Femurfrakturen validiert [85], was in Zukunft durch entsprechende Studien geändert werden könnte. Zudem wurde keine Ganganalyse durchgeführt, welche die Sensitivität des klinischen funktionellen Ergebnisses eventuell erhöht hätte [148].

Auch wenn die Störgrößen wie Alter, Geschlecht, Mobilität vor Fraktur und Demenz bei der Analyse berücksichtigt wurden, gibt es noch weitere Faktoren, die das Ergebnis beeinflussen können, auf die das Studienprotokoll nicht eingegangen ist. Zu diesen zählen biomechanische [79] und klinische Faktoren. Eine Studie von Boese et al. wies einen Einfluss von Osteoarthritis auf das klinische postoperative Ergebnis nach, die auf Röntgenbildern vor einer trochantären Femurfraktur sichtbar war. Statistisch signifikant war unter Einbezug der Störgrößen der Einfluss einer Osteoarthritis auf das klinische Ergebnis des HHS 6 Monate postoperativ [14].

Des Weiteren beweisen die Ergebnisse der Studie keine Kausalität zwischen der Länge des FO und dem funktionellen Endergebnis. Um dies zu untersuchen, müssen prospektive interventionelle Studien durchgeführt werden, um das operative Vorgehen bei dislozierten Schenkelhalsfrakturen zu optimieren.

Stärken der Studie liegen im prospektiven Studiendesign, der standardisierten Therapie für alle Patienten und der umfassenden Beschreibung des Patientenkollektivs. Dies vereinfacht die Interpretation der Ergebnisse sowie den Vergleich mit anderen Studien. Auch die Auswahl der Funktionstest mit dem HHS, IADL und TUG, die häufig bei Studien zu Hüfterkrankungen verwendet werden, ermöglicht eine gute Vergleichbarkeit. Bei den radiologischen Messungen wurde, um auf patientenspezifische Unterschiede einzugehen, das relative FO bestimmt. Des Weiteren wurde die Hüftrotation auf den Röntgenbildern berücksichtigt und daher eine Rotationskorrektur zur Präzisierung der radiologischen Messergebnisse verwendet. Zudem wurde der Zusammenhang zwischen

FO und funktionellem postoperativen Ergebnis sowohl in einer bivariaten als auch multivariaten Analyse bestätigt. Auch die relativ hohe Zahl an Nachkontrollen stellt eine Stärke der Studie da, wenn die Gebrechlichkeit und das hohe Alter der Patienten berücksichtigt werden.

## 8.1. Zusammenfassung

Die mediale Schenkelhalsfraktur gehört zu den häufigsten Traumata des älteren Menschen weltweit, wobei die Inzidenz v.a. in Europa und Nordamerika hoch ist [30, 103]. Aufgrund des demographischen Wandels und einer zunehmenden Inzidenz der Osteoporose wird die Zahl der Schenkelhalsfrakturen in Zukunft weiter zunehmen [144, 163, 166]. Die Osteoporose stellt somit einen wichtigen Risikofaktor für eine hüftgelenknahe Fraktur dar, weil schon durch geringe Krafteinwirkung, wie z.B. ein Sturz aus Standhöhe oder eine forcierte Außenrotation des Beines, eine Fraktur resultieren kann. Bei jungen Patienten mit Schenkelhalsfraktur stehen dagegen Hochrasanztraumata mit axialer Stauchung des Femurs im Vordergrund [17, 39, 166].

Diagnostisch ist die Anamnese zum Unfallhergang sowie zu den Komorbiditäten, die klinische Untersuchung und die Anfertigung konventioneller Röntgenbilder zielführend [39, 166]. Zur Therapieentscheidung wird v.a. die Klassifikationen nach Garden herangezogen [8, 166]. Die operative Therapie repräsentiert heute den Goldstandard der Versorgung dieser Verletzungen, ein konservatives Vorgehen bleibt Einzelfällen vorbehalten. So wird entweder hüftkopferhaltend, z.B. mittels kanülierter Schrauben oder der dynamischen Hüftschraube, oder hüftkopfersetzend, mit einer Total- oder Hemiendoprothese, operiert [39, 166]. Es besteht eine Kontroverse bezüglich der Indikation von Total- oder Hemiendoprothesen. Vereinfacht gesagt wird bei älteren, wenig aktiven Patienten die Versorgung mit einer Hemiendoprothese bevorzugt [39, 142, 143, 166].

Die Prognose und die postoperative Lebensqualität hängen von verschiedenen Faktoren ab. Dabei spielt die Wiederherstellung der Biomechanik des Hüftgelenks, v.a. die Rekonstruktion des femoralen Offsets (FO), eine zunehmend wichtige Rolle [26, 44, 63, 110]. Das FO bezeichnet die Strecke auf einer Orthogonalen zur Längsachse des Femurs zum Drehzentrum des Femurkopfes und ist insbesondere wichtig für die Funktion der Hüftabduktoren. Die Wiederherstellung des FO spiegelt auch eine Modifikation des Therapieziels wider, da das Hauptaugenmerk nicht mehr nur auf einer Senkung der operationsbedingten Mortalität liegt, sondern auch auf einem möglichst optimalen funktionellen Ergebnis sowie einer größtmöglichen Patientenzufriedenheit [85]. Im Rahmen der Therapie von hüftgelenksnahen Frakturen mittels TEP gibt es zahlreiche Studien, die das funktionelle Ergebnis und die Biomechanik untersucht haben [26, 83, 113, 132, 145, 157]. Jedoch existieren wenige Studien, welche die Biomechanik nach Versorgung mit einer Hemiendoprothese, speziell einer Duokopfprothese, untersuchen. Daher analysiert diese Studie den Einfluss des FO auf die funktionellen Ergebnisse nach einer dislozierten Schenkelhalsfraktur und Versorgung mit einer Duokopfprothese.

Im Rahmen der Studie wurden die postoperativen Röntgenbilder von 126 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 82 Jahren und einem Frauenanteil von 76% ausgemessen. Zusätzlich wurde das FO mit den klinischen Ergebnissen aus dem *Harris Hip Score (HHS)*, dem *Instrumental Activities of Daily Living- (IADL) Score* und dem *Timed Up and Go Test (TUG)* korreliert. Da die Messung des FO anhand konventioneller Röntgenbilder ungenau ist und das FO häufig unterschätzt wird [109–111, 187], wurden die Messergebnisse zunächst anhand der Größe des Prothesenkopfes kalibriert. Anschließend wurden die kalibrierten Ergebnisse mithilfe einer Formel, die von Lechler et al. entwickelt wurde, rotationskorrigiert [111] und die Messergebnisse mit den klinischen Daten korreliert [21]. Der durchschnittliche projizierte FO ( $FO_P$ ) betrug 36,8 mm, nach Rotationskorrektur ( $FO_{RC}$ ) jedoch 41,1 mm, was einen signifikanten Unterschied darstellt ( $p < 0,0001$ ). 12 Monate postoperativ betrug der HHS 68 Punkte, der TUG 39 s und der durchschnittliche IADL 3,6 Punkte. Es konnte eine positive Korrelation zwischen dem rekonstruierten  $FO_{RC}$  und dem HHS sowie dem IADL festgestellt werden. Keine Korrelation bestand zwischen dem  $FO_{RC}$  und dem TUG. Nach einer multivariaten Analyse, welche die Störfaktoren mit einschloss, zeigte sich ein nicht signifikanter Trend für eine positive Korrelation zwischen  $FO_{RC}$  und HHS. Eine wiederum signifikante Korrelation bestand zwischen  $FO_{RC}$  und IADL. In der multivariaten Analyse wurde kein Zusammenhang zwischen  $FO_{RC}$  und TUG festgestellt. Die Ergebnisse deuten im Einklang mit einigen anderen Studien darauf hin, dass eine Vergrößerung des FO vorteilhaft ist [86, 117]. Jedoch kann auch einer Verkleinerung des FO Vorzüge zugesprochen werden, z.B. im Hinblick auf weniger postoperative Schmerzen [26, 113].

Chirurgische Komplikationen wurden in 12,7% aller Patienten beobachtet, wobei 6,3% eine Revisionsoperation benötigten und davon nur 3 Patienten eine Dislokation hatten. Aufgrund der vorliegenden Arbeit und ähnlicher Forschungsergebnisse in diesem Bereich ist eine adäquate Wiederherstellung des FO zu empfehlen. Weitere Studien mit einem prospektiven interventionellen Studiendesign könnten die Erkenntnisse bezüglich der Biomechanik der Hüfte nach Prothesenversorgung präzisieren. So könnten noch bessere funktionelle Ergebnisse und eine bessere Langzeitprognose für die Patienten erreicht werden.

## 8.2. Abstract

Displaced femoral neck fractures are common injuries in the elderly population worldwide with the highest incidence in Europe and North America [30, 103]. Due to demographic change and the high prevalence of osteoporosis, the number of femoral neck fractures will continue to rise [144, 163, 166]. Osteoporosis is an important risk factor for hip fractures, because even low energy traumas can result in fractures of the proximal femur in those with osteoporosis. In contrast, the leading cause of femoral neck fractures in young patients is high impact trauma with an axial compression of the femur [17, 39, 166].

The diagnosis of a femoral neck fracture is based on the clinical examination and radiographs of the hip and pelvis [39, 166]. To decide on the individual's therapy, the classification introduced by Garden is used [8, 166]. The operative treatment is the gold standard for treating femoral neck fractures; conservative treatment is limited to rare cases. The options include using osteosynthesis, such as cannulated screws and the dynamic compression screw, or replacing the hip joint with a prosthesis [39, 166]. An ongoing controversy exists regarding the use of total- or hemiarthroplasty.

The prognosis and the postoperative quality of life depend on several parameters.

Reconstructing the biomechanics of the hip, especially the femoral offset (FO), is an important factor [26, 44, 63, 110]. The FO is the distance between the shaft axis of the femur and the orthogonal to the center of the rotation of femoral head. This influences the function of the hip abductors. The impact of the correct restoration of the FO on the functional outcome in patients receiving total hip arthroplasty for osteoarthritis is well studied [26, 113, 145]. However, a paucity of knowledge exists regarding the biomechanics after the implantation of a hemiendoprosthesis for displaced femoral neck fractures. This study examined the correlation between reconstructed FO and the functional outcome 12 months after displaced femoral neck fractures treated by hemiarthroplasty in elderly patients.

The femoral offset (FO) of 126 prospectively enrolled patients with a mean age of 82 years was analyzed on plain radiographs. The FO was correlated with the results of the *Harris Hip Score (HHS)* as a primary outcome measure with the *instrumental activities of daily living- (IADL)* score and the *timed up and go test (TUG)* as secondary outcome measures. Since measuring the FO exclusively with plain radiographs is inaccurate and the FO is therefore often underestimated [109–111, 187], the FO was calibrated with the size of the head of the prosthesis. Afterwards, the calibrated results were corrected for rotation by means of a currently developed formula of Lechler et al. [111] and the results were correlated with the clinical data [21]. The mean projected FO (FO<sub>P</sub>) was 36.8 mm,

but after correcting for rotational error the mean reconstructed FO<sub>RC</sub> was 41.1mm ( $p < 0.0001$ ). At 12 months postoperatively, the mean HHS was 68 points, mean TUG 39 s and mean IADL was 3.6 points. A significant positive correlation was found between the FO<sub>RC</sub> and HHS as well as the FO<sub>RC</sub> and IADL, but not between the FO<sub>RC</sub> and TUG. Following adjustment for confounding variables such as sex, age and ASA physical status grade, there was a significant trend toward a positive correlation between the FO<sub>RC</sub> and HHS and a significant correlation between the FO<sub>RC</sub> and IADL. Again, there was no correlation between the FO and TUG in the multivariate analysis. Surgical complications were observed in 12.7% of all patients, whereas 6.3% needed a revision surgery and only 3 of those patients suffered a dislocation. Taken together, the results, which include a significant correlation between the FO<sub>RC</sub> and IADL, underscore the importance of the restoration of the correct length of the femoral offset in patients receiving hemiarthroplasty for femoral neck fractures. However, more studies with prospective interventional study designs are needed to clarify the exact interaction between femoral offset and postoperative function in this patient population.

## 9. Anhang

### 9.1. Harris Hip Score

#### Schmerzen

kein Schmerz		44 Punkte
leichter Schmerz	gelegentliche Beschwerden oder geringgradige Schmerzwahrnehmung, die Aktivität ist nicht behindert	40 Punkte
geringe Schmerzen	keine Auswirkung auf die durchschnittliche Aktivität, selten mäßige Schmerzen nach ungewohnten Tätigkeiten, gelegentlich z.B. Aspirin	30 Punkte
mäßige Schmerzen	Schmerz erträglich, regelmäßige Arbeit möglich, jedoch Behinderung bei gewöhnlicher Aktivität, gelegentlich stärkere Analgetika erforderlich	20 Punkte
deutliche Schmerzen	starke gelegentlich auftretende und wieder vergehende Schmerzen, ernsthafte Einschränkung des Aktivitätsniveaus, stärkere Schmerzmittel	10 Punkte
schwere Schmerzen	starker Schmerz auch im Bett, der Schmerz zwingt den Patienten überwiegend im Bett zu bleiben, schwerste Beeinträchtigung	0 Punkte

#### Aktivitäten des täglichen Lebens

Treppen steigen	eine Stufe nach der anderen ohne Nachziehen des Beines und ohne den Gebrauch eines Geländers	4 Punkte
	Stufe nach Stufe ohne Nachziehen eines Beines, aber mit Geländer	2 Punkte
	Treppengehen ist noch möglich mit beliebigen Hilfsmitteln	1 Punkt
	Patient ist nicht in der Lage Treppen zu steigen	0 Punkte
öffentliche Verkehrsmittel	Patient ist in der Lage, öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen	1 Punkt
Sitzen	Patient kann bequem auf jedem Stuhl für 1 Stunde sitzen	5 Punkte
	Patient kann bequem auf einem Stuhl für eine halbe Stunde sitzen	3 Punkte

	Patient ist nicht in der Lage, auf irgend einem Stuhl bequem zu sitzen	0 Punkte
Schuhe und Strümpfe anziehen	Patient kann ohne weiteres Strümpfe anziehen und Schuhe binden	4 Punkte
	Patient kann unter Schwierigkeiten Strümpfe anziehen und Schuhe binden	2 Punkte
	Patient ist nicht in der Lage, Schuhe oder Strümpfe anzuziehen	0 Punkte

#### Gehfähigkeit

Hinken	kein Hinken	11 Punkte
	leichtes Hinken	8 Punkte
	mäßiges Hinken	5 Punkte
	schweres Hinken	0 Punkte
Gehhilfen	keine	11 Punkte
	einzelner Stock für längere Strecken	7 Punkte
	einzelner Stock für die meiste Zeit	5 Punkte
	eine Unterarm-Gehstütze	3 Punkte
	zwei Stöcke	2 Punkte
	zwei Unterarm-Gehstützen oder Gehunfähigkeit	0 Punkte
Entfernungen	unbegrenzt	11 Punkte
	zwei Kilometer	8 Punkte
	200 bis 500 Meter	5 Punkte
	nur in der Wohnung	2 Punkte
	Bett oder Stuhl	0 Punkte

#### Deformitäten

Adduktionskontraktur	weniger als 10 Grad	1 Punkt
	10 Grad oder mehr	0 Punkte
Innenrotationskontraktur	weniger als 10 Grad	1 Punkt
	10 Grad oder mehr	0 Punkte
Beugekontraktur	weniger als 15 Grad	1 Punkt
	15 Grad oder mehr	0 Punkte
Beinlängendifferenz	weniger als 3cm	1 Punkt
	3cm oder mehr	0 Punkte



#### Mobilität (in allen Ebenen)

300-210°	5 Punkte
209-160°	4 Punkte
159-100°	3 Punkte
99-60°	2 Punkte
59-30°	1 Punkt
29-0°	0 Punkte

#### Auswertung:

90-100 Punkte: Exzellentes Ergebnis

80-89 Punkte: Gutes Ergebnis

70-79 Punkte: Durchschnittliches Ergebnis

< 70 Punkte: schlechtes Ergebnis

Adaptiert nach: Diemer, Frank; Sutor, Volker; Goreta, Nedeljko. Harris Hip Score-deutsche Version. FOMT-Fortbildungen für orthopädische Medizin und manuelle Therapie. <http://www.fomt.info/Frageboegen/Harris-Hip-Score.pdf> [27.06.2016]

## 9.2. IADL

### Instrumentelle Aktivitäten (IADL)

Telefon:	Punktzahl
Benutzt Telefon aus eigener Initiative, wählt Nummern	1
Wählt einige bekannte Nummern	1
Nimmt ab, wählt nicht selbständig	1
Benutzt das Telefon überhaupt nicht	0
Einkaufen:	
Kauft selbständig die meisten benötigten Sachen ein	1
Tätigt wenige Einkäufe	0
Benötigt bei jedem Einkauf Begleitung	0
Unfähig zum Einkaufen	0
Kochen:	
Plant und kocht erforderliche Mahlzeit selbständig	1
Kocht erforderliche Mahlzeit nur nach Vorbereitung durch Drittpersonen	0

Kocht selbständig, hält aber benötigte Diät nicht ein	0
Benötigt vorbereitete und servierte Mahlzeiten	0

#### Haushalt:

Hält Haushalt instand oder benötigt zeitweise Hilfe bei schweren Arbeiten	1
Führt selbständig kleine Hausarbeiten aus	1
Führt selbst kleine Hausarbeiten aus, kann aber Wohnung nicht rein halten	1
Benötigt Hilfe in allen Haushaltsverrichtungen	1
Nimmt überhaupt nicht teil an täglichen Verrichtungen im Haushalt	0

#### WÄSCHE:

Wäscht sämtliche eigene Wäsche	1
Wäscht kleine Sachen	1
Gesamte Wäsche muss auswärts versorgt werden	0

#### TRANSPORTMITTEL:

Benutzt unabhängig öffentliche Transportmittel, eigenes Auto	1
Bestellt und benutzt selbständig Taxi, jedoch keine öffentlichen Transportmittel	1
Benutzt öffentliche Transportmittel in Begleitung	1
Beschränkte Fahrten im Taxi oder Auto in Begleitung	0
Reist überhaupt nicht	0

#### MEDIKAMENTE:

Nimmt Medikamente in genauer Dosierung und zum korrekten Zeitpunkt eigenverantwortlich	1
Nimmt vorbereitete Medikamente korrekt	0
Kann korrekte Einnahme von Medikamenten nicht handhaben	0

#### GELDDHAUSHALT:

Regelt finanzielle Geschäfte selbständig (Budget, Schecks, Einzahlung, Gang zur Bank)	1
Erledigt tägliche kleinere Ausgaben, benötigt aber Hilfe bei Einzahlung, Bankgeschäften	1
Ist nicht mehr fähig mit Geld umzugehen	0

Weibliche Patienten      Gesamtpunktzahl: / 8

Männliche Patienten      Gesamtpunktzahl: / 5

### 9.3. Barthel-Index

		nicht möglich	m.U.	selbstständig
Essen/Trinken	m.U., wenn z.B. Essen kleingeschnitten werden muss	0	5	10
Transfer	Umsteigen aus dem Rollstuhl ins Bett und umgekehrt	0	5	15
Körperpflege	Gesicht waschen, kämmen, Zähne putzen, Rasieren, etc.	0	0	5
Toilette	An-/Auskleiden, Körperreinigung, Wasserspülung	0	5	10
Baden	Selbstständiges Baden oder Duschen	0	0	5
Mobilität	Gehen m.U., wenn 2. Person für verbale oder physische Unterstützung nötig	0	gehen: 10	- gehen: 15 - mit Rollstuhl: 5
Treppen	Treppen auf- und absteigen; m.U. wenn 2. Person nötig	0	5	10
Kleidung	An- und Ausziehen einschließlich Schuhe binden und Knöpfe schließen; m.U. wenn 2. Person nötig	0	5	10
Stuhlkontrolle	gelegentlich inkontinent wenn 1- bis 2-mal/Woche	inkontinent: 0	gelegentlich: 5	kontinent: 10
Harnkontrolle	gelegentlich inkontinent wenn max. 1-mal/Tag	inkontinent: 0	gelegentlich: 5	kontinent: 10

m.U.: mit Unterstützung; maximal 100 Punkte = komplette körperliche Selbstständigkeit;

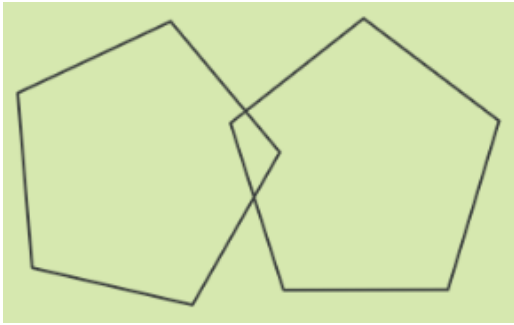
minimal 0 Punkte = totale Pflegebedürftigkeit

Adaptiert nach: Simanski C, Bouillon B, Lefering R, Zumsande N, Tiling T (2002)

Welche Prognosefaktoren korrelieren mit der Alltagsaktivität (Barthel-Index) ein Jahr nach hüftgelenksnaher Fraktur? Unfallchirurg 105(2):99–107.

doi:10.1007/s001130100285

## 9.4. MMST

<b>I. Orientierung</b> <i>Zeit</i> (z.B. Welchen Tag haben wir heute?) <i>Ort</i> (z.B. Wo sind wir jetzt?)	(1) Datum	1	0
	(2) Jahr	1	0
	(3) Jahreszeit	1	0
	(4) Wochentag	1	0
	(5) Monat	1	0
	(6) Bundesland	1	0
	(7) Landkreis/Stadt	1	0
	(8) Stadt/Stadtteil	1	0
	(9) Klinik/Praxis/Pflegeheim	1	0
	(10) Station/Stockwerk	1	0
<b>II. Merkfähigkeit</b> (Der Untersucher nennt die Gegenstände und fordert auf, diese zu wiederholen.)  maximal 6 Wiederholungen	(11) Apfel	1	0
	(12) Pfennig	1	0
	(13) Tisch	1	0
<b>III. Aufmerksamkeit und Rechenfertigkeit</b> Ziehen sie von 100 jeweils 7 ab oder buchstabieren Sie „STUHL“ rückwärts.	(14) >93< L	1	0
	(15) >86< H	1	0
	(16) >79< oder U	1	0
	(17) >72< T	1	0
	(18) >65< S	1	0
<b>IV. Erinnerungsfähigkeit</b> Was waren die Dinge, die Sie sich vorher gemerkt haben?	(19) Apfel	1	0
	(20) Pfennig	1	0
	(21) Tisch	1	0
<b>V. Sprache</b> Was ist das? (Der Untersucher zeigt zwei Gegenstände und fordert die Testperson auf diese zu benennen.)  Sprechen Sie nach: (Der Untersucher fordert die Testperson auf, nachzusprechen.)  Kommandos befolgen  	(22) Armbanduhr	1	0
	(23) Bleistift	1	0
	(24) „Sie leiht ihm kein Geld mehr“	1	0
	(25) Nehmen Sie das Papier in die Hand.	1	0
	(26) Falten Sie es in der Mitte.	1	0
	(27) Lassen Sie es auf den Boden fallen.	1	0
	(28) Bitte schließen Sie die Augen!	1	0
	(29) Schreiben Sie einen vollständigen Satz.	1	0
	(30) Fünfecke nachzeichnen (alle 10 Ecken müssen wiedergegeben sein und 2 davon müssen sich überschneiden)	1	0
<b>Gesamtsumme:</b>			

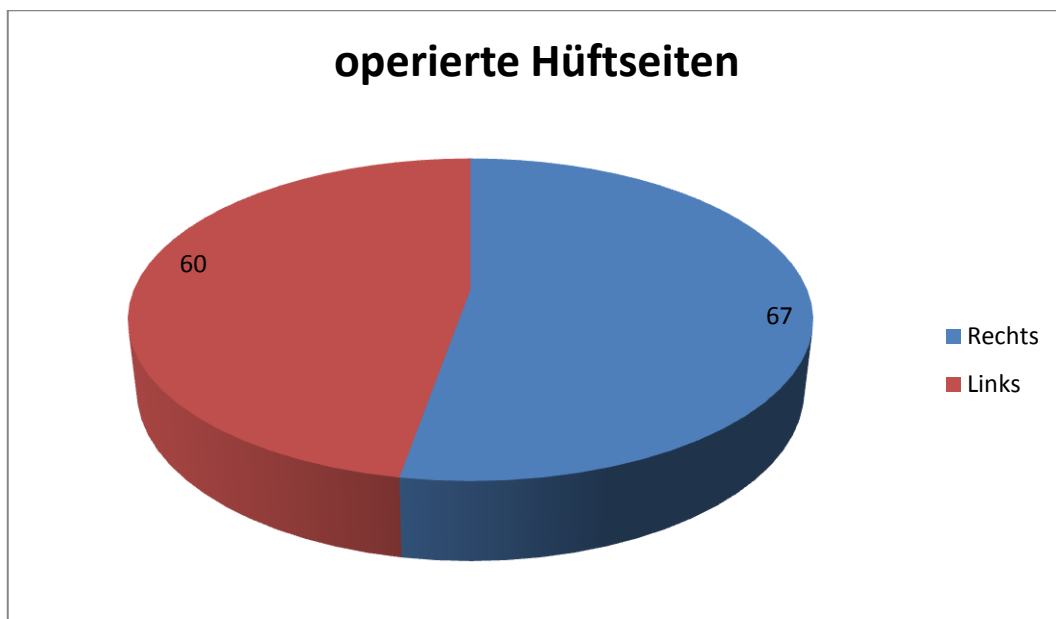
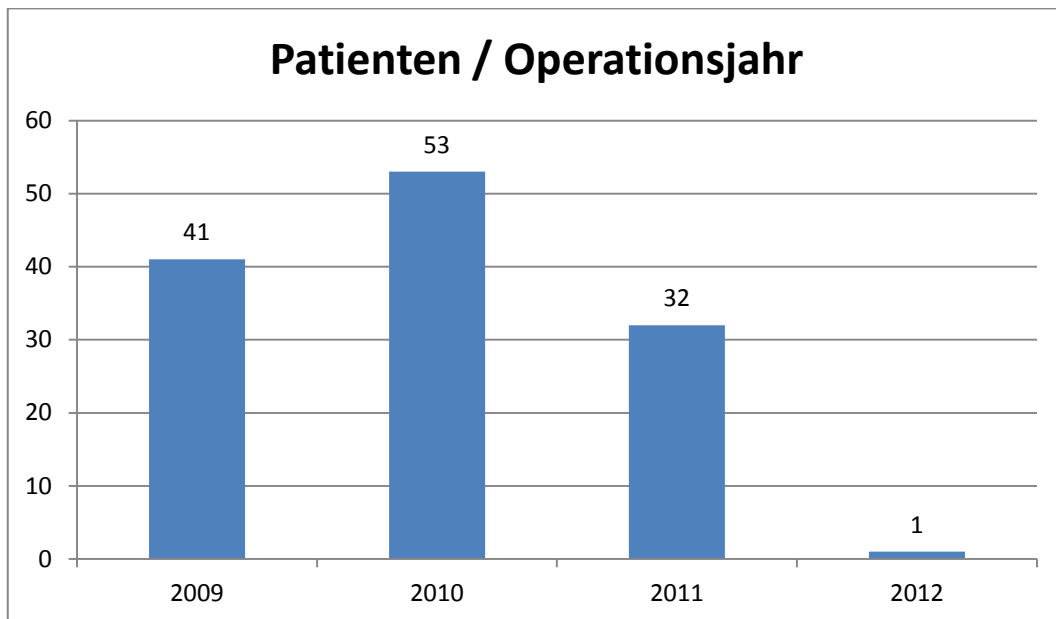
Adaptiert nach: Demenz aktuell. <http://www.demenz-aktuell.de/wp-content/uploads/2015/12/16047.pdf> [23.06.2016]

## 9.5. ASA-Klassifikation

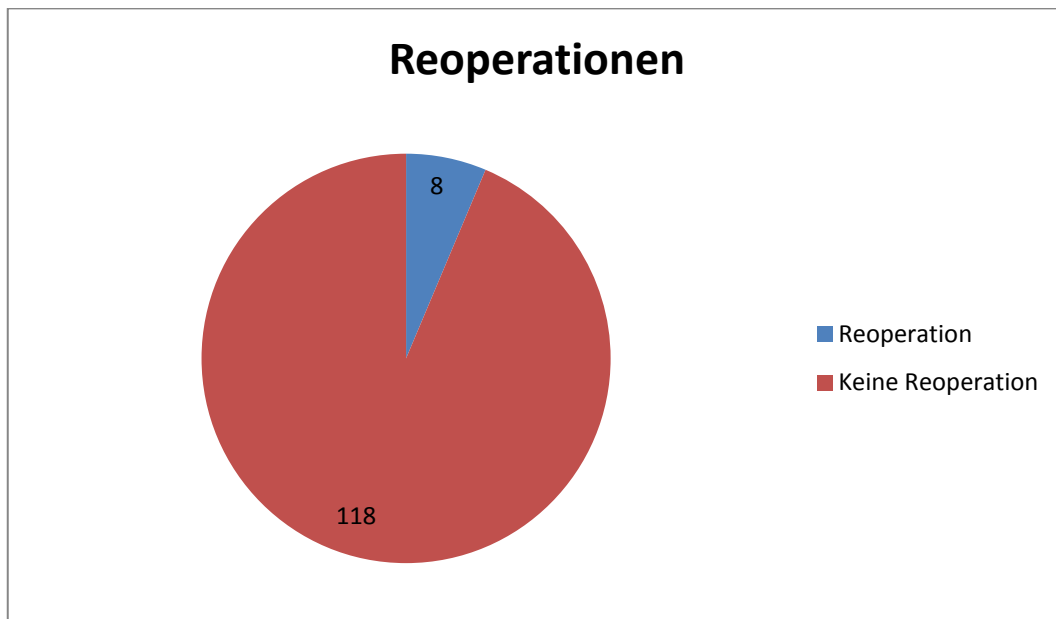
ASA PS Classification	Definition	Examples, including, but not limited to:
ASA I	A normal healthy patient	Healthy, non-smoking, no or minimal alcohol use
ASA II	A patient with mild systemic disease	Mild disease only without substantive functional limitations: current smoker, social alcohol drinker, pregnancy, obesity ( $30 < \text{BMI} < 40$ ), well-controlled DM/HTN, mild lung disease
ASA III	A patient with severe systemic disease	Substantive functional limitations; One or more moderate to severe diseases: poorly controlled DM or HTN, COPD, morbid obesity ( $\text{BMI} > 40$ ), active hepatitis, alcohol dependence or abuse, implanted pacemaker, moderate reduction of ejection fraction, ESRD undergoing regularly scheduled dialysis, premature infant PCA $< 60$ weeks, history ( $> 3$ months) of MI, CVA, TIA, or CAD/stents
ASA IV	A patient with severe systemic disease that is a constant threat to life	Recent ( $< 3$ months) MI, CVA, TIA, or CAD/stents, ongoing cardiac ischemia or severe valve dysfunction, severe reduction of ejection fraction, sepsis, DIC, ARD or ESRD undergoing regularly scheduled dialysis
ASA V	A moribund patient who is not expected to survive without the operation	Ruptured abdominal/thoracic aneurysm, massive trauma, intracranial bleed with mass effect, ischemic bowel in the face of significant cardiac pathology or multiple organ/system dysfunction
ASA VI	A declared brain-dead patient whose organs are being removed for donor purposes	
The addition of "E" denotes Emergency surgery: An emergency is defined as existing when delay in treatment of the patient would lead to a significant increase in the threat to life or body part		

Adaptiert nach: American Society of Anesthesiologists ASA Physical Status Classification System. <https://www.asahq.org/resources/clinical-information/asa-physical-status-classification-system> [28.06.2016]

## 9.6. Patientenkollektiv

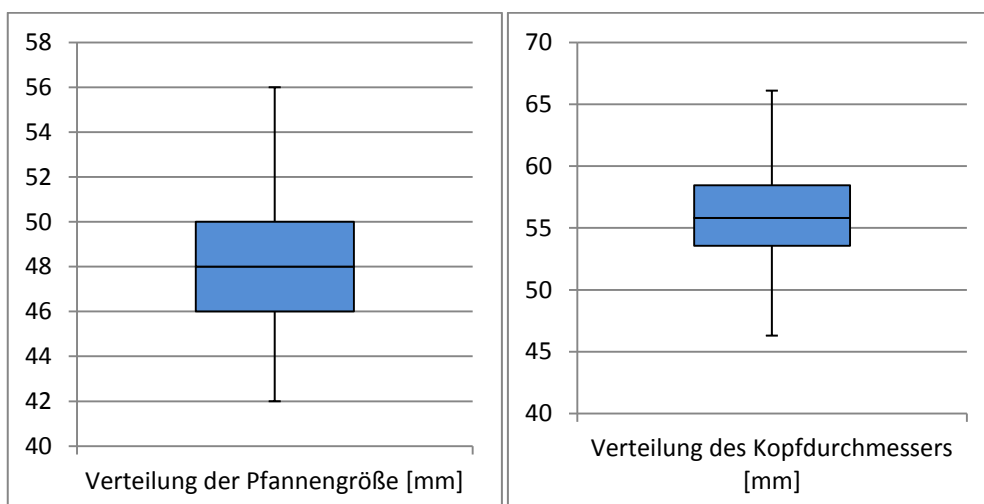


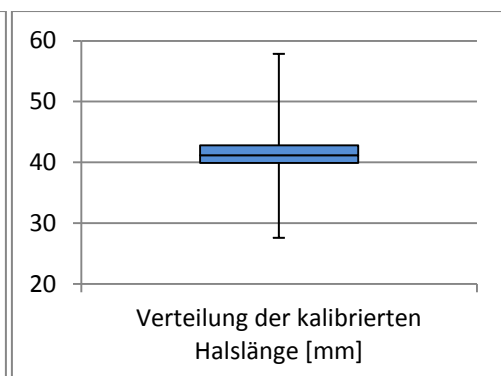
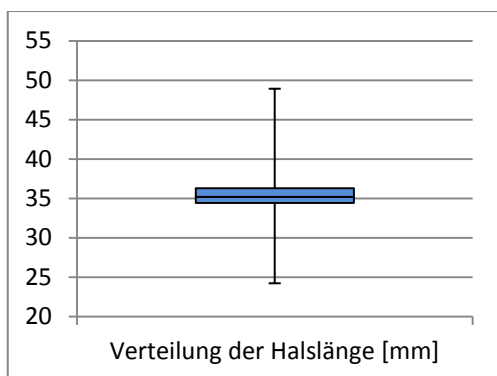
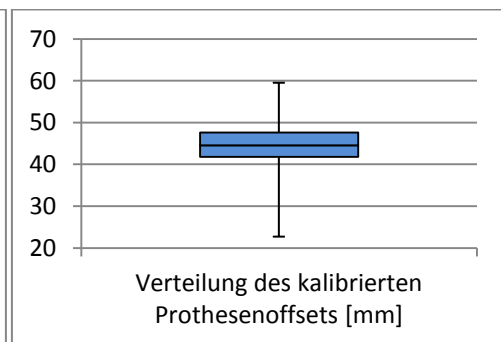
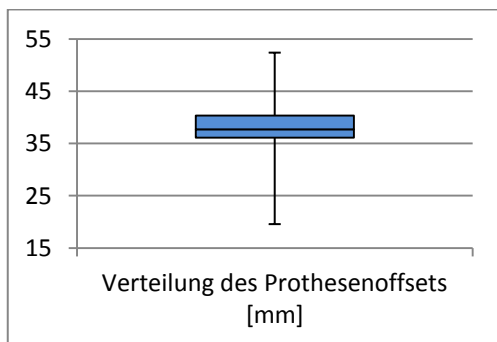
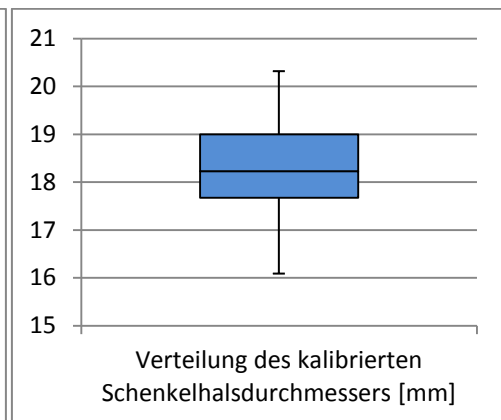
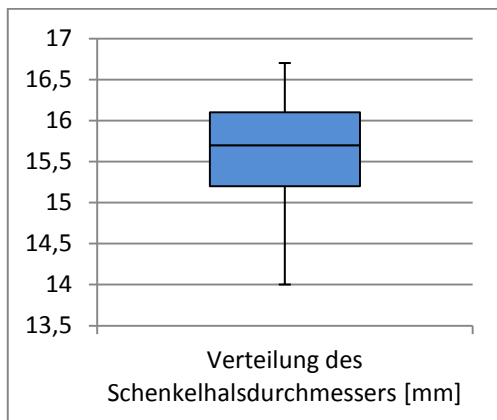
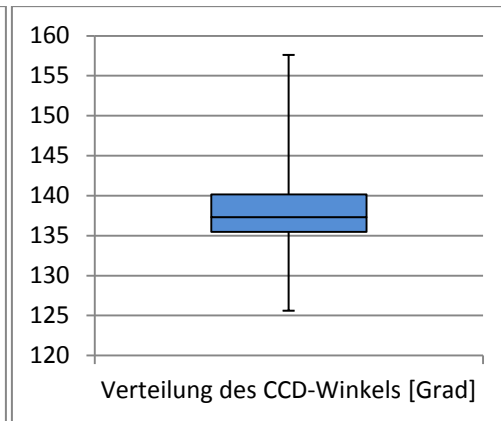
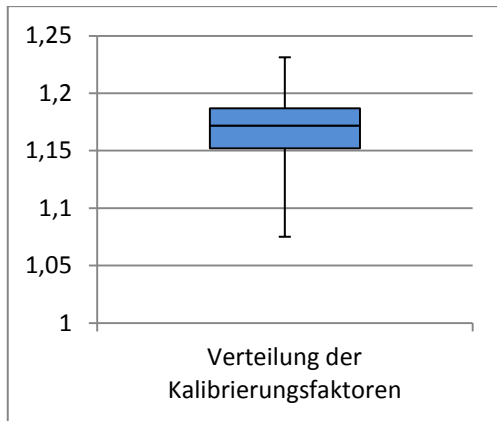
### 9.7. Ergebnisse bezüglich der Studienpopulation- Reoperationen



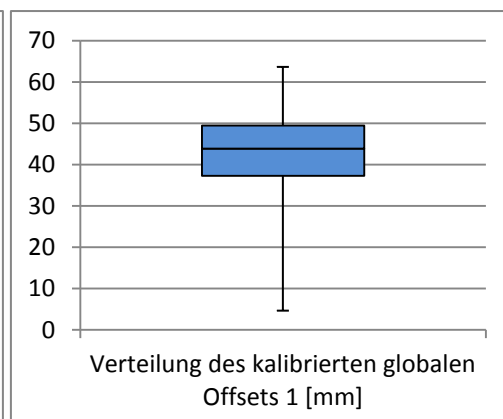
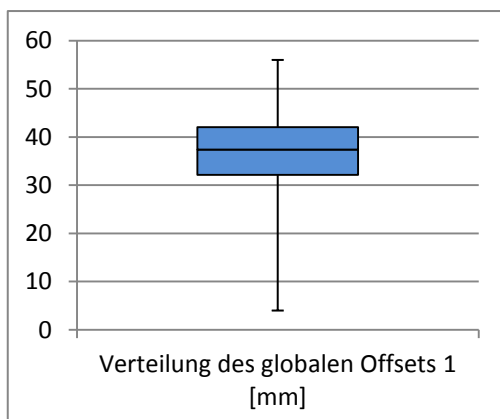
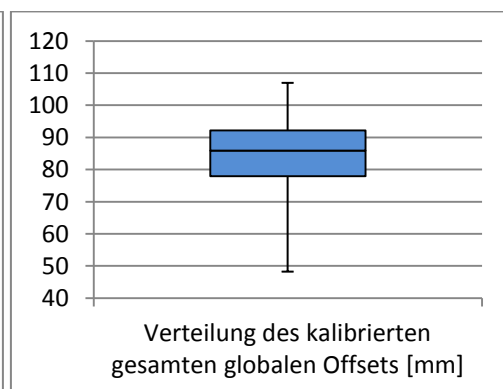
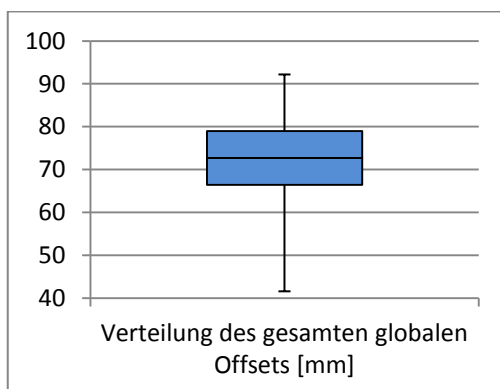
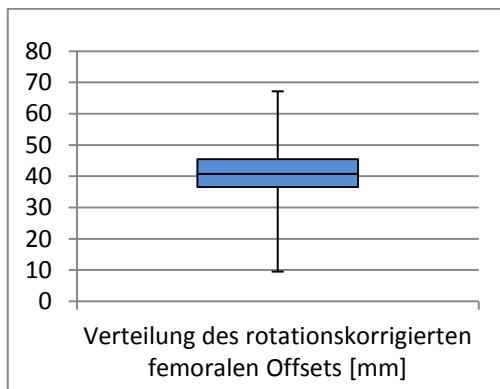
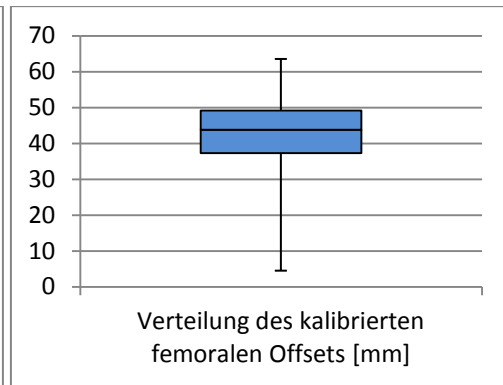
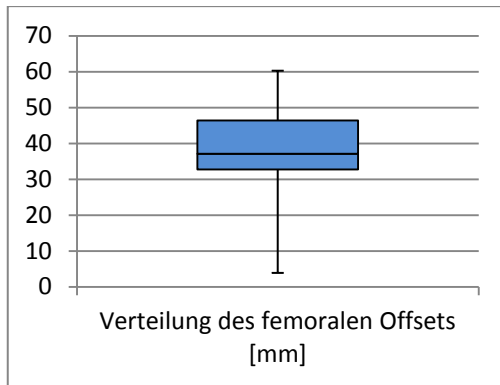
### 9.8. Ergebnisse der radiologischen Messungen

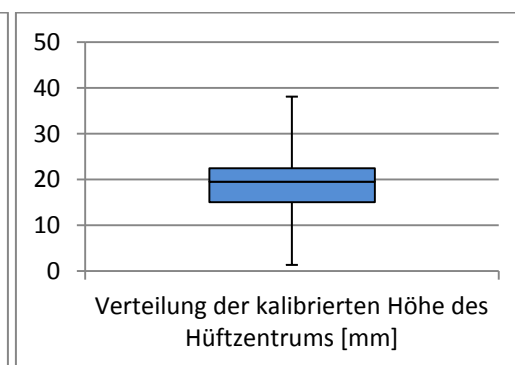
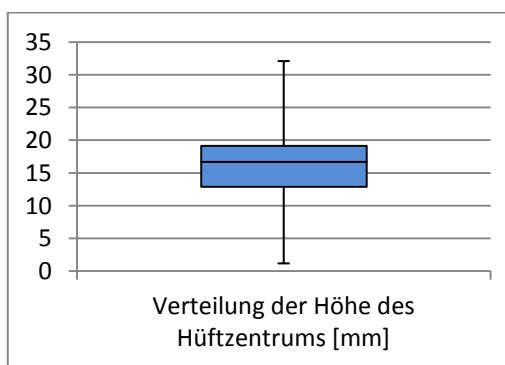
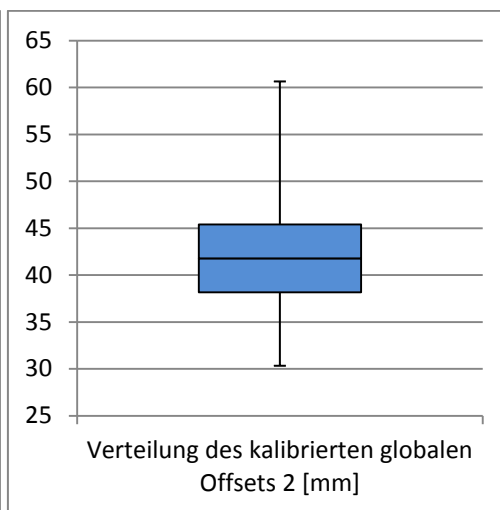
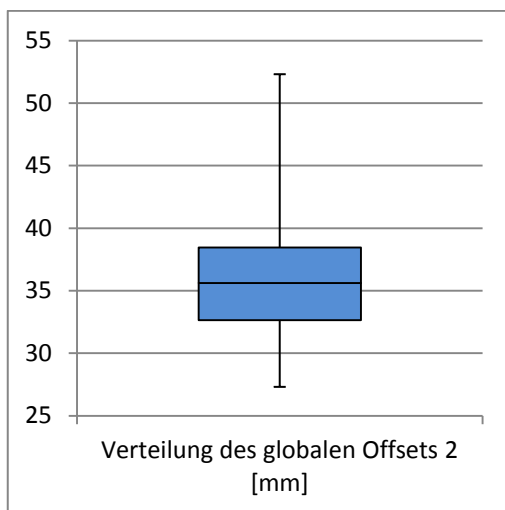
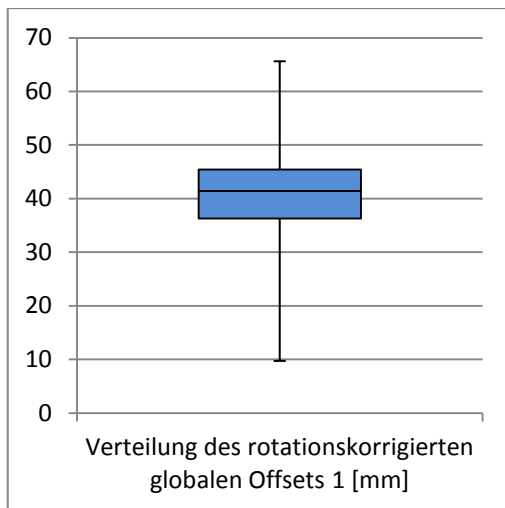
Insgesamt wurden 127 Röntgenbilder von 126 Patienten ausgemessen:

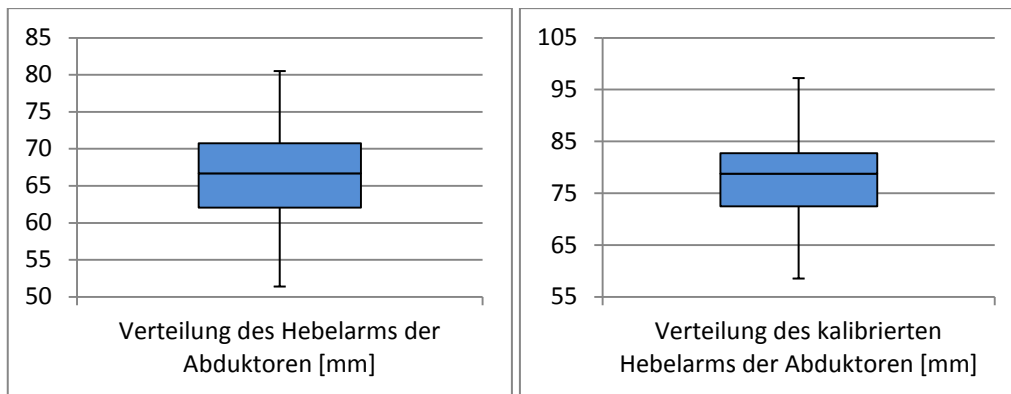




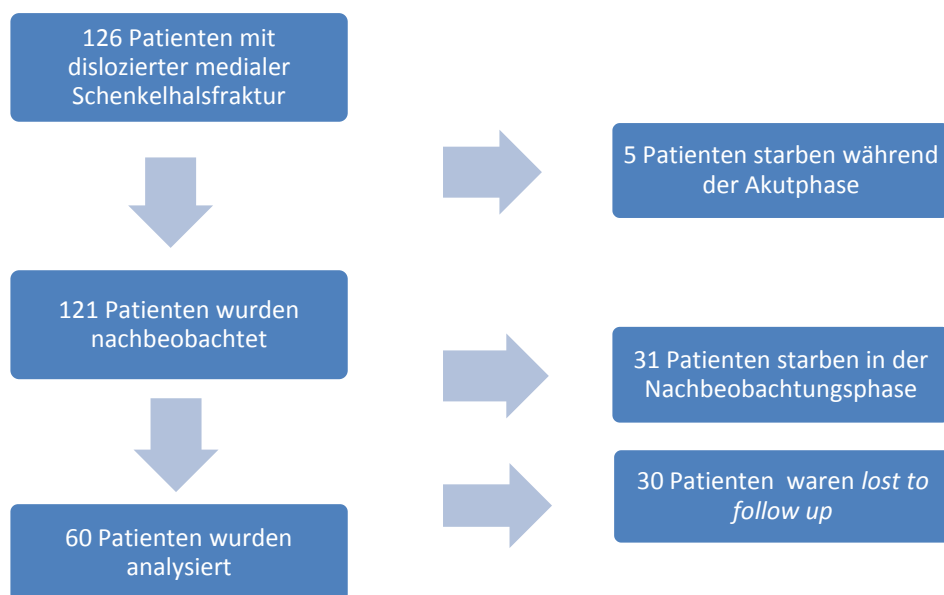








## 9.9. Patienteneinschluss und Nachuntersuchungen



## 10. Literatur

1. Amirouche F, Solitro G, Walia A (2016) No effect of femoral offset on bone implant micromotion in an experimental model. *Orthop Traumatol Surg Res* 102(3):379–385. doi:10.1016/j.otsr.2016.01.010
2. Andrae S (Hrsg) (2008) *Lexikon der Krankheiten und Untersuchungen. 85 Tabellen ; die 1000 wichtigsten Krankheiten und Untersuchungen aus allen medizinischen Fachgebieten, 2. Aufl.* Thieme Electronic Book Library. Thieme, Stuttgart
3. Anstey KJ, Sanden C von, Luszcz MA (2006) An 8-year prospective study of the relationship between cognitive performance and falling in very old adults. *J Am Geriatr Soc* 54(8):1169–1176. doi:10.1111/j.1532-5415.2006.00813.x.
4. Appell H-J, Stang-Voss C, Battermann N (2008) *Funktionelle Anatomie. Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung, 4. Aufl.* Springer E-book Collection. Springer, Berlin
5. ARHP Research Committee (2015) Timed Up and Go (TUG). <http://www.rheumatology.org/I-Am-A/Rheumatologist/Research/Clinician-Researchers/Timed-Up-Go-TUG>. Zugegriffen: 31. Mai 2016
6. Avery PP, Baker RP, Walton MJ, Rooker JC, Squires B, Gargan MF, Bannister GC (2011) Total hip replacement and hemiarthroplasty in mobile, independent patients with a displaced intracapsular fracture of the femoral neck: a seven- to ten-year follow-up report of a prospective randomised controlled trial. *J Bone Joint Surg Br* 93(8):1045–1048. doi:10.1302/0301-620X.93B8.27132
7. Bali K, Sudesh P, Patel S, Kumar V, Saini U, Dhillon MS (2011) Pediatric femoral neck fractures: our 10 years of experience. *Clin Orthop Surg* 3(4):302–308. doi:10.4055/cios.2011.3.4.302
8. Bartonicek J (2001) Pauwels' classification of femoral neck fractures: correct interpretation of the original. *J Orthop Trauma* 15(5):358–360
9. Berend KR, Sporer SM, Sierra RJ, Glassman AH, Morris MJ (2010) Achieving stability and lower-limb length in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 92(16):2737–2752
10. Bjarnason JA, Reikeras O (2015) Changes of center of rotation and femoral offset in total hip arthroplasty. *Ann Transl Med* 3(22):355. doi:10.3978/j.issn.2305-5839.2015.12.37
11. Bliemel C, Oberkircher L, Eschbach D-A, Struwer J, Ruchholtz S, Buecking B (2013) Surgical treatment of proximal femoral fractures--a training intervention? *Z Orthop Unfall* 151(2):180–188. doi:10.1055/s-0032-1328395

12. Blomfeldt R, Tornkvist H, Eriksson K, Soderqvist A, Ponzer S, Tidermark J (2007) A randomised controlled trial comparing bipolar hemiarthroplasty with total hip replacement for displaced intracapsular fractures of the femoral neck in elderly patients. *J Bone Joint Surg Br* 89(2):160–165. doi:10.1302/0301-620X.89B2.18576
13. Blomfeldt R, Tornkvist H, Ponzer S, Soderqvist A, Tidermark J (2005) Internal fixation versus hemiarthroplasty for displaced fractures of the femoral neck in elderly patients with severe cognitive impairment. *J Bone Joint Surg Br* 87(4):523–529. doi:10.1302/0301-620X.87B4.15764
14. Boese CK, Buecking B, Schwarting T, Debus F, Ruchholtz S, Bliemel C, Frink M, Lechler P (2015) The influence of pre-existing radiographic osteoarthritis on functional outcome after trochanteric fracture. *Int Orthop* 39(7):1405–1410. doi:10.1007/s00264-014-2663-9
15. Boese CK, Dargel J, Jostmeier J, Eysel P, Frink M, Lechler P (2016) Agreement Between Proximal Femoral Geometry and Component Design in Total Hip Arthroplasty: Implications for Implant Choice. *J Arthroplasty*. doi:10.1016/j.arth.2016.02.015
16. Bourne RB, Rorabeck CH (2002) Soft tissue balancing: the hip. *J Arthroplasty* 17(4 Suppl 1):17–22
17. Boy O, Hahn S, Kociemba E (2008) Hüftgelenknahe Femurfraktur:138–145
18. Brokelman RBG, Haverkamp D, van Loon C, Hol A, van Kampen A, Veth R (2012) The validation of the visual analogue scale for patient satisfaction after total hip arthroplasty. *Eur Orthop Traumatol* 3(2):101–105. doi:10.1007/s12570-012-0100-3
19. Brooks D, Davis AM, Naglie G (2006) Validity of 3 physical performance measures in inpatient geriatric rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 87(1):105–110. doi:10.1016/j.apmr.2005.08.109
20. Bücking B, Ruchholtz S (2012) Per- und subtrochantäre Femurfrakturen - Versorgungsstrategie und Behandlungsergebnisse. *Trochanteric fractures - surgical treatment and short term outcome. OUP- Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis* 1(4):153–159. doi:10.3238/oup.2012.0153-0159
21. Bücking B, Struwer J, Balzer-Geldsetzer M, Dodel R, Ruchholtz S (2010) Rehabilitation nach proximaler Oberschenkelfraktur (ReProF) Der Einfluss des physischen und kognitiven Eintrittsstatus geriatrischer Patienten auf die Weiterbehandlung nach proximalen Femurfrakturen. *Unfallchirurg* (113):32
22. Buckup K (2001) *Kinderorthopädie. 72 Tabellen*, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart u.a.
23. Buecking B, Eschbach D, Koutras C, Kratz T, Balzer-Geldsetzer M, Dodel R, Ruchholtz S (2013) Re-admission to Level 2 unit after hip-fracture surgery - Risk

factors, reasons and outcome. *Injury* 44(12):1919–1925.

doi:10.1016/j.injury.2013.05.012

24. Burgers, Paul T P W, van Geene AR, van den Bekerom, Michel P J, Van Lieshout, Esther M M, Blom B, Aleem IS, Bhandari M, Poolman RW (2012) Total hip arthroplasty versus hemiarthroplasty for displaced femoral neck fractures in the healthy elderly: a meta-analysis and systematic review of randomized trials. *Int Orthop* 36(8):1549–1560. doi:10.1007/s00264-012-1569-7
25. Burgers, Paul T P W, Van Lieshout, Esther M M, Verhelst J, Dawson I, de Rijcke, Piet A R (2014) Implementing a clinical pathway for hip fractures; effects on hospital length of stay and complication rates in five hundred and twenty six patients. *Int Orthop* 38(5):1045–1050. doi:10.1007/s00264-013-2218-5
26. Cassidy KA, Noticewala MS, Macaulay W, Lee JH, Geller JA (2012) Effect of femoral offset on pain and function after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 27(10):1863–1869. doi:10.1016/j.arth.2012.05.001
27. Celik D, Can C, Aslan Y, Ceylan HH, Bilsel K, Ozdincler AR (2014) Translation, cross-cultural adaptation, and validation of the Turkish version of the Harris Hip Score. *Hip Int* 24(5):473–479. doi:10.5301/hipint.5000146
28. Ceretti M, Falez F (2016) Modular titanium alloy neck failure in total hip replacement: analysis of a relapse case. *SICOT J* 2:20. doi:10.1051/sicotj/2016009
29. Collin C, Wade DT, Davies S, Horne V (1988) The Barthel ADL Index: a reliability study. *Int Disabil Stud* 10(2):61–63
30. Cooper C, Campion G, Melton LJ3 (1992) Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. *Osteoporos Int* 2(6):285–289
31. Daabiss M (2011) American Society of Anaesthesiologists physical status classification. *Indian J Anaesth* 55(2):111–115. doi:10.4103/0019-5049.79879
32. Deckx L, van den Akker M, Daniels L, Jonge ET de, Bulens P, Tjan-Heijnen VCG, van Abbema DL, Buntinx F (2015) Geriatric screening tools are of limited value to predict decline in functional status and quality of life: results of a cohort study. *BMC Fam Pract* 16:30. doi:10.1186/s12875-015-0241-x.
33. DeLisa JA, Gans BM, Walsh NE (2005) *Physical Medicine and Rehabilitation: Principles and Practice*, Bd. 1. Lippincott Williams & Wilkins
34. Delp SL, Wixson RL, Komattu AV, Kocmond JH (1996) How superior placement of the joint center in hip arthroplasty affects the abductor muscles. *Clin Orthop Relat Res* (328):137–146
35. Dettoni F, Pellegrino P, La Russa MR, Bonasia DE, Blonna D, Bruzzone M, Castoldi F, Rossi R (2015) Validation and cross cultural adaptation of the Italian version of the Harris Hip Score. *Hip Int* 25(1):91–97. doi:10.5301/hipint.5000184

36. Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie e.V. Anleitung zum Timed „Up and Go“ Test und Tinetti.  
<https://www.onkopedia.com/de/wissensdatenbank/wissensdatenbank/wissensdatenbank/geriatrische-onkologie/TimedupgoAnleitung.pdf>. Zugriffen: 31. Mai 2016
37. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. Pertrochantäre Oberschenkelfraktur. (ICD-10 S72.10)
38. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2012) Schenkelhalsfraktur (=Oberschenkelhalsbruch). DGU-Patienteninformation:1–5
39. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2015) Schenkelhalsfraktur des Erwachsenen:1–63
40. Deutsches Netzwerk Evidenzbasierte Medizin e.V. (2011) Glossar zur Evidenzbasierten Medizin. <http://www.ebm-netzwerk.de/pdf/publikationen/dnebm-glossar-2011.pdf>. Zugriffen: 31. Mai 2016
41. Dickinson E J (1992) Standard assessment scales for elderly people. Recommendations of the Royal College of Physicians of London and the British Geriatrics Society. *Journal of Epidemiology and Community Health* 46:628–629
42. Diemer F, Sutor V, Goreta N Harris Hip Score. deutsche Version.  
<http://www.fomt.info/Frageboegen/Harris-Hip-Score.pdf>. Zugriffen: 31. Mai 2016
43. Dihlmann W (2002) Gelenke - Wirbelverbindungen. *Klinische Radiologie einschließlich Computertomographie - Diagnose, Differentialdiagnose*, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart
44. Doring R, Jentzsch T, Scheyerer MJ, Pfaffli W, Werner CML (2016) The value of modular hemiarthroplasty for unstable femoral neck fractures in elderly patients with coxarthrosis. *BMC Musculoskelet Disord* 17(1):223. doi:10.1186/s12891-016-1068-x
45. Dripps RD (1961) The Role of Anesthesia in Surgical Mortality. *JAMA* 178(3):261. doi:10.1001/jama.1961.03040420001001
46. Du Prel J-B, Hommel G, Rohrig B, Blettner M (2009) Confidence interval or p-value?: part 4 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int* 106(19):335–339. doi:10.3238/arztebl.2009.0335
47. Dy CJ, Schroder SJ, Thompson MT, Alexander JW, Noble PC (2012) Etiology and severity of impingement injuries of the acetabular labrum: what is the role of femoral morphology? *Orthopedics* 35(6):e778-84. doi:10.3928/01477447-20120525-12
48. Eggli S, Pisan M, Muller ME (1998) The value of preoperative planning for total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 80(3):382–390
49. Eijer H, Myers SR, Ganz R (2001) Anterior femoroacetabular impingement after femoral neck fractures. *J Orthop Trauma* 15(7):475–481

50. El-Abed K, McGuinness A, Brunner J, Dallovedova P, O'Connor P, Kennedy JG (2005) Comparison of outcomes following uncemented hemiarthroplasty and dynamic hip screw in the treatment of displaced subcapital hip fractures in patients aged greater than 70 years. *Acta Orthop Belg* 71(1):48–54
51. Ewerbeck V, Wentzensen A, Grützner PA, Holz F (2014) Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie, 4. Aufl. Georg Thieme Verlag KG, s.l.
52. Fan Q-p, Wang B, Ji W-p (2016) Research progress in strategy of lateral femoral offset reconstruction in total hip arthroplasty. *Zhongguo Gu Shang* 29(2):192–196
53. Fialka-Moser V (Hrsg) (2001) Kompendium der physikalischen Medizin und Rehabilitation. Diagnostische und therapeutische Konzepte. Springer, Wien
54. Fierens J, Broos PLO (2006) Quality of life after hip fracture surgery in the elderly. *Acta Chir Belg* 106(4):393–396
55. Fitz-Henry J (2011) The ASA classification and peri-operative risk. *Ann R Coll Surg Engl* 93(3):185–187. doi:10.1308/147870811X565070
56. Flecher X, Ollivier M, Argenson JN (2016) Lower limb length and offset in total hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 102(1 Suppl):S9-S20. doi:10.1016/j.otsr.2015.11.001
57. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 12(3):189–198
58. Friberg O (1983) Clinical symptoms and biomechanics of lumbar spine and hip joint in leg length inequality. *Spine (Phila Pa 1976)* 8(6):643–651
59. Fuchtmeier B, Hente R, Maghsudi M, Nerlich M (2001) Repositioning femoral neck fracture in younger patients. Valgus or anatomic reposition? *Unfallchirurg* 104(11):1055–1060
60. Garcia AE, Bonnaig JV, Yoneda ZT, Richards JE, Ehrenfeld JM, Obrebsky WT, Jahangir AA, Sethi MK (2012) Patient variables which may predict length of stay and hospital costs in elderly patients with hip fracture. *J Orthop Trauma* 26(11):620–623. doi:10.1097/BOT.0b013e3182695416
61. Garden RS (1964) STABILITY AND UNION IN SUBCAPITAL FRACTURES OF THE FEMUR. *J Bone Joint Surg Br* 46:630–647
62. Garden RS (1974) Reduction and fixation of subcapital fractures of the femur. *Orthop Clin North Am* 5(4):683–712
63. Girard J, Krantz N, Bocquet D, Wavreille G, Migaud H (2012) Femoral head to neck offset after hip resurfacing is critical for range of motion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 27(2):165–169. doi:10.1016/j.clinbiomech.2011.08.013



64. Gjertsen J-E, Lie SA, Vinje T, Engesaeter LB, Hallan G, Matre K, Furnes O (2012) More re-operations after uncemented than cemented hemiarthroplasty used in the treatment of displaced fractures of the femoral neck: an observational study of 11,116 hemiarthroplasties from a national register. *J Bone Joint Surg Br* 94(8):1113–1119. doi:10.1302/0301-620X.94B8.29155
65. Gleason CE, Gangnon RE, Fischer BL, Mahoney JE (2009) Increased risk for falling associated with subtle cognitive impairment: secondary analysis of a randomized clinical trial. *Dement Geriatr Cogn Disord* 27(6):557–563. doi:10.1159/000228257
66. Granger CV, Dewis LS, Peters NC, Sherwood CC, Barrett JE (1979) Stroke rehabilitation: analysis of repeated Barthel index measures. *Arch Phys Med Rehabil* 60(1):14–17
67. Granger CV, Hamilton BB, Gresham GE (1988) The stroke rehabilitation outcome study--Part I: General description. *Arch Phys Med Rehabil* 69(7):506–509
68. Griffin JB (1982) The calcar femorale redefined. *Clin Orthop Relat Res* (164):211–214
69. Grifka J, Krämer J, Baier C (2013) Orthopädie Unfallchirurgie, 9. Aufl. Springer-Lehrbuch. Springer, Wien
70. Grifka J, Kuster M (2011) Orthopädie und Unfallchirurgie. Für Praxis, Klinik und Facharztprüfung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
71. Grigoletto F, Zappala G, Anderson DW, Lebowitz BD (1999) Norms for the Mini-Mental State Examination in a healthy population. *Neurology* 53(2):315–320
72. Gurney B, Mermier C, Robergs R, Gibson A, Rivero D (2001) Effects of limb-length discrepancy on gait economy and lower-extremity muscle activity in older adults. *J Bone Joint Surg Am* 83-A(6):907–915
73. Gurusamy K, Parker MJ, Rowlands TK (2005) The complications of displaced intracapsular fractures of the hip: the effect of screw positioning and angulation on fracture healing. *J Bone Joint Surg Br* 87(5):632–634. doi:10.1302/0301-620X.87B5.15237
74. Gustke K (2012) Short stems for total hip arthroplasty: initial experience with the Fitmore stem. *J Bone Joint Surg Br* 94(11 Suppl A):47–51. doi:10.1302/0301-620X.94B11.30677
75. Haas NP, Krettek C (2012) Tscherne Unfallchirurgie. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
76. Hagino H, Nakamura T, Fujiwara S, Oeki M, Okano T, Teshima R (2009) Sequential change in quality of life for patients with incident clinical fractures: a prospective study. *Osteoporos Int* 20(5):695–702. doi:10.1007/s00198-008-0761-5

77. Haimerl M, Poitzsch L, Schubert M, Sendtner E, Wörner M, Springorum R, Renkawitz T (2012) Accuracy of x-ray based leg length and offset measurements in total hip arthroplasties. *Orthopaedic Proceedings* 94-B
78. Harris WH (1969) Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 51(4):737–755
79. Hartel M, Arndt M, Eulenburg CZ, Petersen JP, Rueger JM, Hoffmann M (2014) Restoration of hip architecture with bipolar hemiarthroplasty in the elderly: does it affect early functional outcome? *Arch Orthop Trauma Surg* 134(1):31–38. doi:10.1007/s00402-013-1878-3
80. Haverkamp D, Sierevelt IN, van den Bekerom, M P, Poolman RW, van Dijk CN, Marti RK (2008) The validity of patient satisfaction as single question in outcome measurement of total hip arthroplasty. *J Long Term Eff Med Implants* 18(2):145–150
81. Hayashi S, Nishiyama T, Fujishiro T, Hashimoto S, Kanzaki N, Nishida K, Kuroda R, Kurosaka M (2013) Excessive femoral offset does not affect the range of motion after total hip arthroplasty. *Int Orthop* 37(7):1233–1237. doi:10.1007/s00264-013-1881-x
82. He J-H, Zhou C-P, Zhou Z-K, Shen B, Yang J, Kang P-d, Pei F-X (2012) Meta-analysis comparing total hip arthroplasty with hemiarthroplasty in the treatment of displaced femoral neck fractures in patients over 70 years old. *Chin J Traumatol* 15(4):195–200
83. Hochberg MC, Williamson J, Skinner EA, Guralnik J, Kasper JD, Fried LP (1998) The prevalence and impact of self-reported hip fracture in elderly community-dwelling women: the Women's Health and Aging Study. *Osteoporos Int* 8(4):385–389. doi:10.1007/s001980050079
84. Hopley C, Stengel D, Ekkernkamp A, Wich M (2010) Primary total hip arthroplasty versus hemiarthroplasty for displaced intracapsular hip fractures in older patients: systematic review. *BMJ* 340:c2332. doi:10.1136/bmj.c2332
85. Hutchings L, Fox R, Chessier T (2011) Proximal femoral fractures in the elderly: how are we measuring outcome? *Injury* 42(11):1205–1213. doi:10.1016/j.injury.2010.12.016
86. Incavo SJ, Havener T, Benson E, McGrory BJ, Coughlin KM, Beynnon BD (2004) Efforts to improve cementless femoral stems in THR. *J Arthroplasty* 19(1):61–67. doi:10.1016/j.arth.2003.09.006
87. Ito K, Minka MA2, Leunig M, Werlen S, Ganz R (2001) Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. *J Bone Joint Surg Br* 83(2):171–176

88. Jameson SS, Lees D, James P, Johnson A, Nachtsheim C, McVie JL, Rangan A, Muller SD, Reed MR (2013) Cemented hemiarthroplasty or hip replacement for intracapsular neck of femur fracture? A comparison of 7732 matched patients using national data. *Injury* 44(12):1940–1944. doi:10.1016/j.injury.2013.03.021
89. Jassim SS, Ingham C, Keeling M, Wimhurst JA (2012) Digital templating facilitates accurate leg length correction in total hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg* 78(3):344–349
90. Jerosch j, Grasselli C, Kothny PC, Litzkow D, Hennecke T (2012) Postoperative Veränderungen von Offset, CCD-Winkel und Beinlänge nach Implantation einer metadiaphysär fixierten Kurzschaftprothese- eine radiologische Untersuchung. Reproduction of the Anatomy (Offset, CCD, Leg Length) with a Modern Short Stem Hip Design - A Radiological Study. *Z Orthop Unfall* 150(1):20–26. doi:10.1055/s-0030-1270965
91. Jerosch j, Heisel J, Imhoff AB (2005) Hüfte. Die ASG-Kurse der DGOOC. Fortbildung Orthopädie, Traumatologie. Springer E-book Collection. Steinkopff Verlag Darmstadt, Darmstadt
92. Kaczmarek W, Pietrzak K, Staszczuk P, Kaczmarczyk J (2013) Patient-related outcome questionnaires in the assessment of the results of total hip replacement. *Pol Orthop Traumatol* 78:167–171
93. Kannegaard PN, van der Mark S, Eiken P, Abrahamsen B (2010) Excess mortality in men compared with women following a hip fracture. National analysis of comedications, comorbidity and survival. *Age Ageing* 39(2):203–209. doi:10.1093/ageing/afp221
94. Kapandji IA, Koebeke J (2009) Funktionelle Anatomie der Gelenke. Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik ; [einbändige Ausgabe: obere Extremität, untere Extremität, Rumpf und Wirbelsäule], 5. Aufl. Thieme, Stuttgart
95. Kay HF, Sathiyakumar V, Yoneda ZT, Lee YM, Jahangir AA, Ehrenfeld JM, Obrebskey WT, Apfeld JC, Sethi MK (2014) The effects of American Society of Anesthesiologists physical status on length of stay and inpatient cost in the surgical treatment of isolated orthopaedic fractures. *J Orthop Trauma* 28(7):e153-9. doi:10.1097/01.bot.0000437568.84322.cd
96. Kim S-C, Lim Y-W, Kwon S-Y, Lee J-K, Park I-K, Kim Y-S (2016) Comparative Analysis of Radiographic Hip Joint Geometry Using Measurement Tools on Picture Archiving and Communication System: A Prospective Study of 100 Pelvic Radiographs of Koreans. *J Arthroplasty*. doi:10.1016/j.arth.2016.04.038

97. Kiyama T, Naito M, Shinoda T, Maeyama A (2010) Hip abductor strengths after total hip arthroplasty via the lateral and posterolateral approaches. *J Arthroplasty* 25(1):76–80. doi:10.1016/j.arth.2008.11.001
98. Korner-Bitensky N, Wood-Dauphinee S (1995) Barthel Index information elicited over the telephone. Is it reliable? *Am J Phys Med Rehabil* 74(1):9–18
99. Kristensen MT (2011) Factors affecting functional prognosis of patients with hip fracture. *Eur J Phys Rehabil Med* 47(2):257–264
100. Kristensen MT, Henriksen S, Stie SB, Bandholm T (2011) Relative and absolute intertester reliability of the timed up and go test to quantify functional mobility in patients with hip fracture. *J Am Geriatr Soc* 59(3):565–567. doi:10.1111/j.1532-5415.2010.03293.x.
101. Krukemeyer MG (Hrsg) (2013) Endoprothetik. Ein Leitfadens für den Praktiker, 3. Aufl. de Gruyter, Berlin
102. Kwok IHY, Pallett SJC, Massa E, Cundall-Curry D, Loeffler MD (2016) Pre-operative digital templating in cemented hip hemiarthroplasty for neck of femur fractures. *Injury* 47(3):733–736. doi:10.1016/j.injury.2015.12.027
103. Laet CE de, Pols HA (2000) Fractures in the elderly: epidemiology and demography. *Baillieres Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 14(2):171–179. doi:10.1053/beem.2000.0067
104. Laflamme GY, Rouleau DM, Leduc S, Roy L, Beaumont E (2012) The Timed Up and Go test is an early predictor of functional outcome after hemiarthroplasty for femoral neck fracture. *J Bone Joint Surg Am* 94(13):1175–1179. doi:10.2106/JBJS.J.01952
105. Lakstein D, Bachar I, Debi R, Lubovsky O, Cohen O, Tan Z, Atoun E (2016) Radiographic templating of total hip arthroplasty for femoral neck fractures. *Int Orthop*. doi:10.1007/s00264-016-3235-y
106. Langlois J, Delambre J, Klouche S, Faivre B, Hardy P (2015) Direct anterior Hueter approach is a safe and effective approach to perform a bipolar hemiarthroplasty for femoral neck fracture: outcome in 82 patients. *Acta Orthop* 86(3):358–362. doi:10.3109/17453674.2014.1002987
107. Large J, Gan N, Basic D, Jennings N (2006) Using the timed up and go test to stratify elderly inpatients at risk of falls. *Clin Rehabil* 20(5):421–428
108. Lawton MP, Brody EM (1969) Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* 9(3):179–186
109. Lazennec JY, Brusson A, Dominique F, Rousseau M-A, Pour AE (2015) Offset and anteversion reconstruction after cemented and uncemented total hip arthroplasty: an

- evaluation with the low-dose EOS system comparing two- and three-dimensional imaging. *Int Orthop* 39(7):1259–1267. doi:10.1007/s00264-014-2616-3
- 110.Lecerf G, Fessy MH, Philippot R, Massin P, Giraud F, Flecher X, Girard J, Mertl P, Marchetti E, Stindel E (2009) Femoral offset: anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 95(3):210–219. doi:10.1016/j.otsr.2009.03.010
- 111.Lechler P, Frink M, Gulati A, Murray D, Renkawitz T, Bucking B, Ruchholtz S, Boese CK (2014) The influence of hip rotation on femoral offset in plain radiographs. *Acta Orthop* 85(4):389–395. doi:10.3109/17453674.2014.931196
- 112.Leonardsson O, Rolfson O, Rogmark C (2016) The surgical approach for hemiarthroplasty does not influence patient-reported outcome. A national survey of 2118 patients with one-year follow-up. *Bone Joint J* 98-B(4):542–547. doi:10.1302/0301-620X.98B4.36626
- 113.Liebs TR, Nasser L, Herzberg W, Ruther W, Hassenpflug J (2014) The influence of femoral offset on health-related quality of life after total hip replacement. *Bone Joint J* 96-B(1):36–42. doi:10.1302/0301-620X.96B1.31530
- 114.Lord SR, Dayhew J (2001) Visual risk factors for falls in older people. *J Am Geriatr Soc* 49(5):508–515
- 115.Mahmood SS, Mukka SS, Crnalic S, Wretenberg P, Sayed-Noor AS (2016) Association between changes in global femoral offset after total hip arthroplasty and function, quality of life, and abductor muscle strength. A prospective cohort study of 222 patients. *Acta Orthop* 87(1):36–41. doi:10.3109/17453674.2015.1091955
- 116.MAHONEY FI, BARTHEL DW (1965) FUNCTIONAL EVALUATION: THE BARTHEL INDEX. *Md State Med J* 14:61–65
- 117.Malik A, Maheshwari A, Dorr LD (2007) Impingement with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 89(8):1832–1842. doi:10.2106/JBJS.F.01313
- 118.Maloney WJ, Keeney JA (2004) Leg length discrepancy after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 19(4 Suppl 1):108–110
- 119.Mathias S, Nayak US, Isaacs B (1986) Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil* 67(6):387–389
- 120.Matsushita A, Nakashima Y, Jingushi S, Yamamoto T, Kuraoka A, Iwamoto Y (2009) Effects of the femoral offset and the head size on the safe range of motion in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 24(4):646–651. doi:10.1016/j.arth.2008.02.008
- 121.McGrory BJ, Morrey BF, Cahalan TD, An KN, Cabanela ME (1995) Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 77(6):865–869

122. McKinley JC, Robinson CM (2002) Treatment of displaced intracapsular hip fractures with total hip arthroplasty: comparison of primary arthroplasty with early salvage arthroplasty after failed internal fixation. *J Bone Joint Surg Am* 84-A(11):2010–2015
123. Meyer C, Kotecha A (2008) Failure to correct femoral anteversion on the AP pelvis radiograph leads to errors in prosthesis selection in total hip arthroplasty. *Radiographer: The Official Journal of the Australian Institute of Radiography* 55(2):17–21
124. Mukka S, Lindqvist J, Peyda S, Broden C, Mahmood S, Hassany H, Sayed-Noor A (2015) Dislocation of bipolar hip hemiarthroplasty through a postero-lateral approach for femoral neck fractures: A cohort study. *Int Orthop* 39(7):1277–1282. doi:10.1007/s00264-014-2642-1
125. Müller M (2016) *Chirurgie. Für Studium und Praxis - 2016/17 : unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges und der mündlichen Examina in den Ärztlichen Prüfungen*, 13. Aufl. Medizinische Verlags- und Informationsdienste, Breisach
126. Müller ME, Koch P, Nazarian S, Schatzker J (1990) *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
127. Murena L, Fattori R, Scamacca V, Cau P, Ratti C, Canton G (2016) Treatment of intracapsular fractures of the proximal femur with bipolar hemiarthroplasty in patients under the age of 70: clinical and radiographic results at mean 20 years follow-up. *Acta Biomed* 87 Suppl 1:53–59
128. Nakao S, Takata S, Uemura H, Kashihara M, Osawa T, Komatsu K, Masuda Y, Okahisa T, Nishikawa K, Kondo S, Yamada M, Takahara R, Ogata Y, Nakamura Y, Nagahiro S, Kaji R, Yasui N (2010) Relationship between Barthel Index scores during the acute phase of rehabilitation and subsequent ADL in stroke patients. *J Med Invest* 57(1-2):81–88
129. Nikolaus T, Becker C, Oster P, Pientka L, Schlierf G, Renteln-Kruse W von (2013) *Klinische Geriatrie*. Springer Berlin Heidelberg
130. Nilsdotter A, Bremander A (2011) Measures of hip function and symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) Hip and Knee Questionnaire. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 63 Suppl 11:S200-7. doi:10.1002/acr.20549

131. Nygard H, Matre K, Fevang JM (2016) Evaluation of Timed Up and Go Test as a tool to measure postoperative function and prediction of one year walking ability for patients with hip fracture. *Clin Rehabil* 30(5):472–480.  
doi:10.1177/0269215515591039
132. Parker MJ, Gurusamy K (2006) Internal fixation versus arthroplasty for intracapsular proximal femoral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* (4):CD001708.  
doi:10.1002/14651858.CD001708.pub2
133. Pasquier G, Ducharne G, Ali ES, Giraud F, Mouttet A, Durante E (2010) Total hip arthroplasty offset measurement: is C T scan the most accurate option? *Orthop Traumatol Surg Res* 96(4):367–375. doi:10.1016/j.otsr.2010.02.006
134. Patel AB, Wagle RR, Usrey MM, Thompson MT, Incavo SJ, Noble PC (2010) Guidelines for implant placement to minimize impingement during activities of daily living after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 25(8):1275-81.e1.  
doi:10.1016/j.arth.2009.10.007
135. Podsiadlo D, Richardson S (1991) The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 39(2):142–148
136. Prestmo A, Saltvedt I, Helbostad JL, Taraldsen K, Thingstad P, Lydersen S, Sletvold O (2016) Who benefits from orthogeriatric treatment? Results from the Trondheim hip-fracture trial. *BMC Geriatr* 16:49. doi:10.1186/s12877-016-0218-1
137. Raaymakers, Ernst L F B (2006) Fractures of the femoral neck: a review and personal statement. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 73(1):45–59
138. Ramachandran M, Azegami S, Hosalkar HS (2013) Current concepts in the treatment of adolescent femoroacetabular impingement. *J Child Orthop* 7(2):79–90.  
doi:10.1007/s11832-012-0473-4
139. Riaz O, Nisar S, Arshad R, Vanker R (2015) Lateral X-ray for proximal femoral fractures - Is it really necessary? *Surgeon*. doi:10.1016/j.surge.2015.07.005
140. Ridgeway S, Wilson J, Charlet A, Kafatos G, Pearson A, Coello R (2005) Infection of the surgical site after arthroplasty of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 87(6):844–850.  
doi:10.1302/0301-620X.87B6.15121
141. Roehrig B, Hoeffken K, Pientka L, Wedding U (2007) How many and which items of activities of daily living (ADL) and instrumental activities of daily living (IADL) are necessary for screening. *Crit Rev Oncol Hematol* 62(2):164–171.  
doi:10.1016/j.critrevonc.2006.10.001.
142. Rogmark C, Carlsson A, Johnell O, Sembo I (2003) Costs of internal fixation and arthroplasty for displaced femoral neck fractures: a randomized study of 68 patients. *Acta Orthop Scand* 74(3):293–298. doi:10.1080/00016470310014210

143. Rogmark C, Carlsson A, Johnell O, Sernbo I (2002) Primary hemiarthroplasty in old patients with displaced femoral neck fracture: a 1-year follow-up of 103 patients aged 80 years or more. *Acta Orthop Scand* 73(6):605–610.  
doi:10.1080/000164702321039534
144. Rosengren BE, Karlsson MK (2014) The annual number of hip fractures in Sweden will double from year 2002 to 2050: projections based on local and nationwide data. *Acta Orthop* 85(3):234–237. doi:10.3109/17453674.2014.916491
145. Roth P von, Perka C, Mayr HO, Preininger B, Ziebula F, Matziolis G, Hube R (2014) Reproducibility of femoral offset following short stem and straight stem total hip arthroplasty. *Orthopedics* 37(7):e678-84. doi:10.3928/01477447-20140626-61
146. Sakalkale DP, Sharkey PF, Eng K, Hozack WJ, Rothman RH (2001) Effect of femoral component offset on polyethylene wear in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* (388):125–134
147. Saleh A, Small T, Chandran Pillai, Aiswarya Lekshmi Pillai, Schiltz NK, Klika AK, Barsoum WK (2014) Allogenic blood transfusion following total hip arthroplasty: results from the nationwide inpatient sample, 2000 to 2009. *J Bone Joint Surg Am* 96(18):e155. doi:10.2106/JBJS.M.00825
148. Sariali E, Klouche S, Mouttet A, Pascal-Moussellard H (2014) The effect of femoral offset modification on gait after total hip arthroplasty. *Acta Orthop* 85(2):123–127. doi:10.3109/17453674.2014.889980
149. Sathiyakumar V, Molina CS, Thakore RV, Obrebsky WT, Sethi MK (2015) ASA score as a predictor of 30-day perioperative readmission in patients with orthopaedic trauma injuries: an NSQIP analysis. *J Orthop Trauma* 29(3):e127-32.  
doi:10.1097/BOT.0000000000000200
150. Sayed-Noor AS, Hanas A, Sködenberg OG, Mukka SS (2016) Abductor Muscle Function and Trochanteric Tenderness After Hemiarthroplasty for Femoral Neck Fracture. *J Orthop Trauma* 30(6):e194-200. doi:10.1097/BOT.0000000000000532
151. Schäfer T (2016) *Methodenlehre und Statistik*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden
152. Schoene D, Wu SM-S, Mikolaizak AS, Menant JC, Smith ST, Delbaere K, Lord SR (2013) Discriminative ability and predictive validity of the timed up and go test in identifying older people who fall: systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 61(2):202–208. doi:10.1111/jgs.12106
153. Schünke M, Schulte E, Schumacher U (2007) *Prometheus - LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem* ; 182 Tabellen, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart



- 154.Schurch MA, Rizzoli R, Mermillod B, Vasey H, Michel JP, Bonjour JP (1996) A prospective study on socioeconomic aspects of fracture of the proximal femur. *J Bone Miner Res* 11(12):1935–1942. doi:10.1002/jbmr.5650111215
- 155.Sculco PK, Austin MS, Lavernia CJ, Rosenberg AG, Sierra RJ (2016) Preventing Leg Length Discrepancy and Instability After Total Hip Arthroplasty. *Instr Course Lect* 65:225–242
- 156.Sendtner E, Boluki D, Grifka J (2007) Current state of doing minimal invasive total hip replacement in Germany, the use of new implants and navigation--results of a nation-wide survey. *Z Orthop Unfall* 145(3):297–302. doi:10.1055/s-2007-965344
- 157.Sendtner E, Renkawitz T, Kramny P, Wenzl M, Grifka J (2010) Fractured neck of femur--internal fixation versus arthroplasty. *Dtsch Arztebl Int* 107(23):401–407. doi:10.3238/arztebl.2010.0401
- 158.Shoji T, Yamasaki T, Izumi S, Hachisuka S, Ochi M (2016) The influence of stem offset and neck shaft angles on the range of motion in total hip arthroplasty. *Int Orthop* 40(2):245–253. doi:10.1007/s00264-015-2826-3
- 159.Simanski C, Bouillon B, Lefering R, Zumsande N, Tiling T (2002) Welche Prognosefaktoren korrelieren mit der Alltagsaktivität (Barthel-Index) ein Jahr nach hüftgelenksnaher Fraktur? *Unfallchirurg* 105(2):99–107. doi:10.1007/s001130100285
- 160.Smektala R, Endres HG, Dasch B, Maier C, Trampisch HJ, Bonnaire F, Pientka L (2008) The effect of time-to-surgery on outcome in elderly patients with proximal femoral fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 9:171. doi:10.1186/1471-2474-9-171.
- 161.Smektala R, Grams A, Pientka L, Raestrup US (2008) Guidelines or state civil codes in the management of femoral neck fracture? An analysis of the reality of care provision in North Rhine-Westphalia. *Dtsch Arztebl Int* 105(16):295–302. doi:10.3238/arztebl.2008.0295
- 162.Smektala R, Ohmann C, Paech S, Neuhaus E, Rieger M, Schwabe W, Debold P, Deimling A, Jonas M, Hupe K, Bucker-Nott HJ, Giani G, Szucs TD, Pientka L (2005) On the prognosis of hip fractures. Assessment of mortality after hip fractures by analyzing overlapping segments of longitudinal data. *Unfallchirurg* 108(11):927–8, 930–37. doi:10.1007/s00113-005-0972-6
- 163.Smektala R, Schulze-Raestrup U, Muller-Mai C, Siebert H (2014) More patients in a shorter inpatient stay with better outcome in treatment of femoral neck fracture: external quality assurance in Westfalia-Lippe on 50,354 patients. *Unfallchirurg* 117(11):1012–1023. doi:10.1007/s00113-013-2422-1

164. Srinivasan A, Jung E, Levine BR (2012) Modularity of the femoral component in total hip arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 20(4):214–222. doi:10.5435/JAAOS-20-04-214
165. Stihsen C, Radl R, Keshmiri A, Rehak P, Windhager R (2012) Subsidence of a cementless femoral component influenced by body weight and body mass index. *Int Orthop* 36(5):941–947. doi:10.1007/s00264-011-1360-1
166. Stöckle U, Lucke M, Haas NP Zertifizierte medizinische Fortbildung: Der Oberschenkelhalsbruch. The femoral neck fracture. *Dtsch Arztebl* 2005(102:A3426-3434 [Heft 49])
167. Strom H, Kolstad K, Mallmin H, Sahlstedt B, Milbrink J (2006) Comparison of the uncemented Cone and the cemented Bimetric hip prosthesis in young patients with osteoarthritis: an RSA, clinical and radiographic study. *Acta Orthop* 77(1):71–78. doi:10.1080/17453670610045713
168. Sun X, Dong Q, Zhang Y-G (2016) Intravenous versus topical tranexamic acid in primary total hip replacement: A systemic review and meta-analysis. *Int J Surg*. doi:10.1016/j.ijssu.2016.05.064
169. Talsnes O, Hjelmstedt F, Dahl OE, Pripp AH, Reikeras O (2011) Clinical and biochemical prediction of early fatal outcome following hip fracture in the elderly. *Int Orthop* 35(6):903–907. doi:10.1007/s00264-010-1149-7
170. Taylor F, Wright M, Zhu M (2012) Hemiarthroplasty of the hip with and without cement: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 94(7):577–583. doi:10.2106/JBJS.K.00006
171. Terrier A, Levrero Florencio F, Rudiger HA (2014) Benefit of cup medialization in total hip arthroplasty is associated with femoral anatomy. *Clin Orthop Relat Res* 472(10):3159–3165. doi:10.1007/s11999-014-3787-3
172. Tombaugh TN, McIntyre NJ (1992) The mini-mental state examination: a comprehensive review. *J Am Geriatr Soc* 40(9):922–935
173. Tsai C-H, Muo C-H, Hung C-H, Lin T-L, Wang T-I, Fong Y-C, Hsu H-C (2016) Disorder-related risk factors for revision total hip arthroplasty after hip hemiarthroplasty in displaced femoral neck fracture patients: a nationwide population-based cohort study. *J Orthop Surg Res* 11(1):66. doi:10.1186/s13018-016-0400-3
174. Tschauner C, Aigner RM, Wirth CJ (Hrsg) (2004) Becken, Hüfte. 114 Tabellen. Orthopädie und orthopädische Chirurgie, / hrsg. von Carl Joachim Wirth. Thieme, Stuttgart

175. Tsukutani Y, Hagino H, Ito Y, Nagashima H (2015) Epidemiology of fragility fractures in Sakaiminato, Japan: incidence, secular trends, and prognosis. *Osteoporos Int* 26(9):2249–2255. doi:10.1007/s00198-015-3124-z
176. Tyrovolas S, Koyanagi A, Lara E, Ivan Santini Z, Haro JM (2016) Mild cognitive impairment is associated with falls among older adults: Findings from the Irish Longitudinal Study on Ageing (TILDA). *Exp Gerontol* 75:42–47. doi:10.1016/j.exger.2015.12.008
177. van Balen R, Essink-Bot ML, Steyerberg E, Cools H, Habbema DF (2003) Quality of life after hip fracture: a comparison of four health status measures in 208 patients. *Disabil Rehabil* 25(10):507–519. doi:10.1080/0963828031000090443
178. van den Bekerom, Michel P J, Sierevelt IN, Bonke H, Raaymakers, Ernst L F B (2013) The natural history of the hemiarthroplasty for displaced intracapsular femoral neck fractures. *Acta Orthop* 84(6):555–560. doi:10.3109/17453674.2013.867763
179. van Emden H (2014) Statistik ohne Albträume. Eine Einführung für Biowissenschaftler, 1. Aufl. Verdammt clever! Wiley-Blackwell, s.l.
180. van Hedel HJ, Wirz M, Dietz V (2005) Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: validity and reliability of 3 walking tests. *Arch Phys Med Rehabil* 86(2):190–196. doi:10.1016/j.apmr.2004.02.010
181. Vergara I, Bilbao A, Orive M, Garcia-Gutierrez S, Navarro G, Quintana JM (2012) Validation of the Spanish version of the Lawton IADL Scale for its application in elderly people. *Health Qual Life Outcomes* 10:130. doi:10.1186/1477-7525-10-130
182. Vergara I, Vrotsou K, Orive M, Gonzalez N, Garcia S, Quintana JM (2014) Factors related to functional prognosis in elderly patients after accidental hip fractures: a prospective cohort study. *BMC Geriatr* 14:124. doi:10.1186/1471-2318-14-124
183. Waldt S, Eiber M, Wörtler K (2011) Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie. 75 Tabellen. Thieme, Stuttgart
184. Wamper KE, Sierevelt IN, Poolman RW, Bhandari M, Haverkamp D (2010) The Harris hip score: Do ceiling effects limit its usefulness in orthopedics? *Acta Orthop* 81(6):703–707. doi:10.3109/17453674.2010.537808
185. Wani IH, Sharma S, Latoo I, Salaria AQ, Farooq M, Jan M (2014) Primary total hip arthroplasty versus internal fixation in displaced fracture of femoral neck in sexa- and septuagenarians. *J Orthop Traumatol* 15(3):209–214. doi:10.1007/s10195-013-0278-3
186. Weber M, Woerner M, Springorum R, Sendtner E, Hapfelmeier A, Grifka J, Renkawitz T (2014) Fluoroscopy and imageless navigation enable an equivalent

- reconstruction of leg length and global and femoral offset in THA. *Clin Orthop Relat Res* 472(10):3150–3158. doi:10.1007/s11999-014-3740-5
187. Weber M, Woerner ML, Springorum H-R, Hapfelmeier A, Grifka J, Renkawitz TF (2014) Plain radiographs fail to reflect femoral offset in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 29(8):1661–1665. doi:10.1016/j.arth.2014.03.023
  188. Weigel B, Nerlich M (2007) *Praxisbuch Unfallchirurgie* (German Edition). Springer, Dordrecht
  189. Weinberg A-M, Tscherne H (2006) *Untere Extremität, Körperhöhlen, Besonderheiten des kindlichen Skelettes*. Springer E-book Collection, / A.-M. Weinberg ... (Hrsg.) ; 2. Springer, Berlin
  190. Whitley E, Ball J (2002) Statistics review 4: sample size calculations. *Crit Care* 6(4):335–341
  191. Willkomm M (2013) *Praktische Geriatrie: Klinik - Diagnostik - Interdisziplinäre Therapie*. Thieme
  192. Wirth CJ, Mutschler W-E, Kohn D, Pohlemann T (2014) *Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie*, 3. Aufl. Georg Thieme Verlag KG, s.l.
  193. Wolf C, Best H (2010) *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*, 1. Aufl. VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, Wiesbaden
  194. World Health Organization (1946) WHO definition of Health. Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference. World Health Organization.  
<http://www.who.int/about/definition/en/print.html>. Zugegriffen: 07. Juni 2016
  195. Worner M, Weber M, Lechler P, Sendtner E, Grifka J, Renkawitz T (2011) Minimally invasive surgery in total hip arthroplasty. Surgical technique of the future? *Orthopade* 40(12):1068–1074. doi:10.1007/s00132-011-1846-y
  196. Wroblewski BM, Siney PD, Fleming PA (2007) Charnley low-friction arthroplasty: survival patterns to 38 years. *J Bone Joint Surg Br* 89(8):1015–1018. doi:10.1302/0301-620X.89B8.18387
  197. Yamaguchi T, Naito M, Asayama I, Ishiko T (2004) Total hip arthroplasty: the relationship between posterolateral reconstruction, abductor muscle strength, and femoral offset. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 12(2):164–167
  198. Zhang Q, Chen W, Liu H-j, Li Z-y, Song Z-h, Pan J-s, Zhang Y-z (2009) The role of the calcar femorale in stress distribution in the proximal femur. *Orthop Surg* 1(4):311–316. doi:10.1111/j.1757-7861.2009.00053.x

199. Zhou Z, Yan F, Sha W, Wang L, Zhang X (2015) Unipolar Versus Bipolar Hemiarthroplasty for Displaced Femoral Neck Fractures in Elderly Patients. Orthopedics 38(11):697–702. doi:10.3928/01477447-20151016-08

## **11. Verzeichnis der akademischen Lehrer**

### **11.1. Meine akademischen Lehrer waren in Bangkok die Damen/Herren:**

Jaruwangsanti, Nara, M.D.

### **11.2. in Bruderholz:**

Adamowicz, Jan

Angelini, Alessandra, Dr. med.

Bartelt, Janis Christian

Burger, Lukas, Dr. med.

Egger, Florian, Dr. med.

Ehms, Rico

Elsässer, Hanno, Dr. med.

Eucker, Dietmar, Dr. med.

Fuchs, Barbara, Dr. med.

Furrer-Rojas, Rosa Liliana

Giffei, Jan

Hensel, Jan-Tobias

Jeanneret-Gris, Christina, PD Dr. med.

Koberová, Dasa, Dr.

Koella, Christoph, Dr. med.

Lamm, Sebastian, Dr. med.

Lehnen-Delport, Karen, Dr. med.

Lemcke, Torben

Loukidis, Konstantinos, Dr. med.

Mitova, Tatyana

Nisslé, Sonja, Dr. med.

Roost, Heinrich, Dr. med.

Rosenblum, Ilan

Salentiny, Yves

Sauter, Raphael, Dr. med. univ.

Schenkluhn, Bernd, Dr. med.

Schupp, Lisa-Marie, Sabine

Schweizer, Mona, Dr. med.

Stoll, Reinhard

Thurneysen Schmid, Lisa

Von Arx-Küng, Claudia, Dr. med.

Winiker, Michael  
Zerz, Andreas, Dr. med.

### **11.3. in Castlebar:**

Egan, Brian  
Jackson, Andrew  
O'Donnell, Luke

### **11.4. in Emden:**

Deepen, Ralf, Dr. med.  
Klemp, Ulrich  
Scherger, Bernhard, Dr. med.  
Seelig, Philipp  
Sinan, Abdalrahim

### **11.5. in Eutin:**

Alpen, Andreas, Dr. med.  
Clausen, Astrid, Dr. med.  
Nebermann, L., Dr. med.  
Strzysio, Jürgen

### **11.6. in Fulda:**

Artus, Sascha, Dr. med.  
Benöhr, Peter, PD Dr. med.  
Höing, Stefan, Dr. med.  
Jaspersen, Daniel, Prof. Dr. med.  
Luckhaupt, Daniel.  
Mavriqi, F., Dr. med.  
Niethammer, Margit, Dr. med.  
Plappert, Bernd, Dr. med.  
Schächinger, Volker, Prof. Dr. med.  
Schönnenbeck, M.  
Schreiner, Gerhard, Dr. med.  
Schwietz, T., Dr. med.  
Trepels, Thomas, Dr. med.  
Weise, Carolin

### **11.7. in Marburg:**

Adamkiewicz, Jürgen, Dr.  
Arabin, Birgit, Prof. Dr. med.  
Baarlink, Christian, Dr. med.  
Bachmann, Esther, Dr. med.  
Bargello, Mathias, Dr. med.  
Barth, Helmut, Dr.  
Bartsch, Detlef K., Prof. Dr. med.  
Baum, Erika, Prof. Dr. med.  
Becker, Annette, Prof. Dr. med.  
Becker, Katja, Prof. Dr. med.  
Becker, Stephan, Prof. Dr.  
Bette, Michael, PD Dr.  
Beutel, Björn, Dr.  
Bliemel, Christopher, PD Dr. med.  
Bockmann, Benjamin, Dr. med.  
Bösner, Stefan, PD Dr. med.  
Braun, Hans-Albert, PD Dr.  
Brehm, Alexander, Prof. Dr.  
Bücking, Benjamin, PD Dr. med.  
Carl, Barbara, Dr. med.  
Cetin, Yalcin, Prof. Dr.  
Czubayko, Frank, Prof. Dr. med.  
Dannlowski, Udo, Prof. Dr. med. Dr. phil.  
Daut, Jürgen, Prof. Dr. Dr.  
Debus, Florian, Dr. med.  
Decher, Niels, Prof. Dr.  
Del Rey, Adriana, Prof. Dr.  
Depboylu, Candan, Prof. Dr. med.  
Dodel, Richard, Prof. Dr. med.  
Donner-Banzhoff, Norbert, Prof. Dr. med.  
Duda, Volker, Dr. med.  
Eberhart, Leopold, apl Prof. Dr. med.  
Efe, Turgay, Prof. Dr. med.  
Eickmann, Markus, Dr. rer. nat.  
El-Zayat, Bilal Farouk, PD Dr. med.  
Enzensberger, Christian, PD Dr. med.



Fendrich, Volker, Prof. (apl.) Dr. med.  
Franke, Nora, Dr. med.  
Frink, Michael, Prof. Dr. med.  
Fritz, Barbara, PD Dr. rer. nat.  
Fuchs-Winkelmann, Susanne, Prof. Dr. med.  
Gebhardt, Bärbel, Dr. med.  
Geks, Josef, Dr. med.  
Görg, Christian, Prof. Dr. med.  
Görg, Konrad, Dr. med.  
Greene, Brandon  
Gress, Thomas Mathias, Prof. Dr. med.  
Greulich, Timm, Dr. med.  
Grosse, Robert, Prof. Dr. med.  
Grundmann, Kornelia, Dr. rer. nat.  
Heers, Hendrik  
Hegele, Axel, Prof. Dr.  
Heyse, Thomas, Prof. Dr. med.  
Hildebrandt, Wulf, Prof. Dr.  
Höffken, Helmut, PD Dr.  
Hofmann, Rainer, Prof. Dr.  
Hofmann, Thomas, Dr.  
Holland, Angélique, Dr.  
Hoyer, Joachim, Prof. Dr. med.  
Jerrentrup, Andreas, Dr. med.  
Josephs, Dennis, Dr. med.  
Kalder, Matthias, PD Dr. med.  
Kann, Peter Herbert, Prof. Dr. med. Dr. phil.  
Kanngießer, Veit, Dr. med.  
Karatolios, Konstantinos, Dr.  
Kim-Berger, Hea Sook, Dr.  
Kinscherf, Ralf, Prof. Dr.  
Kirschbaum, Andreas, PD Dr. med.  
Klemmer, Andreas, Dr.  
Klose, Klaus Jochen, Prof. Dr.  
Knorrenschild, Jorge Riera, Dr. med.  
Köhler, Christine, Dr. med.  
Köhler, Siegmund, Dr. med.

König, Arne, Prof. Dr. med.  
Koolman, Jan, Prof. Dr.  
Krüger, Antonio, Prof. Dr. med.  
Kühne, Christian, Prof. Dr. med.  
Kühnert, Maritta, Prof. Dr. med.  
Lechler, Philipp, PD Dr. med.  
Leson, Annemiek  
Lill, Roland, Prof. Dr.  
Lindhorst, Elmar, PD Dr. med.  
Lohoff, Michael, Prof. Dr. med.  
Lüsebrink, Ulrich, Dr.  
Luster, Markus, Prof. Dr. med.  
Maier, Rolf Felix, Prof. Dr.  
Maisner, Andrea, Prof. Dr.  
Mand, Carsten, Dr. med.  
Maurer, Elisabeth, Dr. med.  
Meißner, Wolfgang, PD Dr.  
Metzelder, Stephan, Dr. med.  
Mittag, Hannelore, PD Dr. med.  
Moll, Roland, Prof. Dr. med.  
Moosdorf, Rainer, Prof. Dr.  
Mueller, Ulrich, Prof. Dr. Dr.  
Müller-Brüsselbach, Sabine, PD Dr.  
Mutters, Reinier, Prof. Dr.  
Neubauer, Andreas, Prof. Dr. med.  
Neubauer, Ellen, Dr. med.  
Nimphius, Wilhelm, Dr. med.  
Nimsky, Christopher, Prof. Dr. med.  
Oertel, Wolfgang Hermann, Prof. Dr. med. Dr.h.c.  
Oliver, Dominik, Prof. Dr.  
Pagenstecher, Axel, Prof. Dr.  
Pape-Meyer, Isabell  
Parahuleva, Mariana, PD Dr.  
Patrascan, Cecilia-Carmen, Dr.  
Peterlein, Christian-Dominik, PD Dr. med.  
Pfestroff, Andreas, Dr.  
Plant, Timothy David, Prof. Dr.

Preisig-Müller, Regina, PD Dr.  
Renz, Harald, Prof. Dr. med.  
Rexin, Peter  
Richter, Gerd, Prof. Dr.  
Ries, Vincent, PD Dr. med.  
Roeßler, Marion, Dr. med.  
Rost, Birgit, Dr.  
Ruchholtz, Steffen, Prof. Dr. med.  
Sahmland, Irmtraut, Prof. Dr. phil.  
Schäfer, Helmut, Prof. Dr.  
Schäfer, Jürgen Prof. Dr.  
Schäfer, Martin, Dr.  
Schales, Christian, Dr. med.  
Schierl, Mathias, Dr. med.  
Schmidt, Ansgar, Dr. rer. nat.  
Schneider, Joachim, apl. Prof. Dr.  
Schratt, Gerhard Martin, Prof. Dr.  
Schröder, Frank Michael, Dr. med.  
Schu, Ulrich, Dr. med.  
Schulze, Stephan, PD Dr. med.  
Schüttler, Julia Sara  
Schüttler, Karl-Friedrich, Dr. med.  
Schütz, Burkhard, Prof. Dr. rer. nat.  
Seifart, Carola, PD Dr. med.  
Seipelt, Peter, Dr.med.  
Seitz, Jürgen, Prof. Dr.  
Sekundo, Walter, Prof. Dr. med.  
Sevinc, Selim, Dr. med.  
Shams-Eldin, Hosam, Dr.  
Sommer, Frank, PD Dr. med.  
Stahl, Bernd, Dr.  
Steiniger, Birte, Prof. Dr.  
Stief, Thomas, PD Dr. med.  
Stiewe, Thorsten, Prof. Dr.  
Strik, Herwig, Prof. Dr. med.  
Suske, Guntram, Prof. Dr.  
Tackenberg, Björn, PD Dr. med.

Teymoortash, Prof. Dr. med.  
Thieme, Kati, Prof. Dr.  
Timmesfeld, Nina, Dr. rer. nat.  
Vassiliou, Timon, Dr. med.  
Vogelmeier, Claus, Prof. Dr. med.  
Vogt, Sebastian, Prof. Dr.med.  
Vorwerk, Hilke, Prof. Dr. med. Dipl.-Phys.  
Wagner, Uwe, Prof. Dr. med.  
Wandel, Nina, Dr. med.  
Weihe, Eberhard, Prof. Dr.  
Werner, Jochen Alfred, Prof. Dr. med.  
Westerman, Reiner, PD Dr.  
Wilhelm, Beate, Prof. Dr.  
Wißniowski, Till, Dr. med.  
Wrocklage, Christian, Dr.  
Wulf, Hinnerk Friedrich Wilhelm, Prof. Dr. med.  
Zemlin, Michael, Prof. Dr. med.  
Ziring, Ewgeni, Dr. med.  
Zovko, Dario, Dr. med.  
Zwioerek, Lutz, Dr. med.

#### **11.8. in St. Gallen:**

Behrend, Henrik, Dr. med.  
Behrens, Gerrit, Dr. med.  
Cagienard, Flavio, Dr. med.  
Egidy, Claus, Dr. med.  
Eichler, Martin, Dr. med.  
Erschbamer, Matthias, Dr. med.  
Essig, Michael, Dr. med.  
Florianz, Hannes, Dr. med.  
Forster, Thomas, Dr. med.  
Fust, Jaqueline, Dr. med.  
Gerhard, Pascal, Dr. med.  
Gerlach, René, Dr. med.  
Giesinger, Karlmeinrad, Dr. med.  
Grob, Karl, Dr. med.  
Jenny, Katharina, Dr. med.

Jost, Bernhard, Prof. Dr. med.  
Kägi, Maja, Dr. med.  
Keller, Stephan, Dr. med.  
Külling, Fabrice, Dr. med.  
Ladurner, Andreas, Dr. med.  
Martens, Benjamin, Dr. med.  
Olach, Martin, Dr. med.  
Petkin, Kalojan, Dr. med.  
Potocnik, Primoz, Dr. med.  
Puskás, Gábor, Dr. med.  
Rudin, Diana, Dr. med.  
Schindler, Christin, Dr. med.  
Schirm, Andreas, Dr. med.  
Schlichtherle, Rainer, Dr. med.  
Schwizer, Roman, Dr. med.  
Seiler, Nico, Dr. med.  
Spross, Christian, Dr. med.  
Till, Philipp, Dr. med.  
Vincenti, Miscia, Dr. med.  
Vogel, Raphael, Dr. med.  
Weber, Dieter  
Zurmühle, Pia, Dr. med.

## **12. Danksagung**

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz und Herrn PD Dr. med. Benjamin Bücking sowie den Mitarbeitern der RePrOF-Studie für deren großzügige Unterstützung. Ein weiterer Dank gilt Herrn Thomas Schneider für seine Hilfe bei der Beschaffung der Röntgenbilder und Herrn Dr. med. Christoph Kolja Boese (Universität zu Köln) für seine Hilfe bezüglich der Rotationskorrektur. V.a. danke ich Herrn PD Dr. med. Philipp Lechler, für die Möglichkeit, diese Doktorarbeit zu schreiben, die hervorragende Betreuung, seine Hilfe und seine Geduld.

Ein weiterer Dank gilt allen Ärzten und Professoren, die mir mit Leidenschaft und Freude ihr Wissen vermittelt haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, allen voran Basti, Steffen, Steffi, Vinzenz und Vivi sowie Isi.